

501P1268US00A4

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

J1017 U.S. PTO
09/938787
08/24/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 8月24日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-253306

出 願 人
Applicant(s):

ソニー株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

BEST AVAILABLE COPY

2001年 5月30日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 00005651

【提出日】 平成12年 8月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01S 5/20

【発明の名称】 信号処理装置及び信号処理方法

【請求項の数】 32

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
 内

 【氏名】 浮田 昌一

【特許出願人】

 【識別番号】 000002185

 【氏名又は名称】 ソニー株式会社

 【代表者】 出井 伸之

【代理人】

 【識別番号】 100101801

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 山田 英治

 【電話番号】 03-5541-7577

【選任した代理人】

 【識別番号】 100093241

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 宮田 正昭

 【電話番号】 03-5541-7577

【選任した代理人】

 【識別番号】 100086531

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 澤田 俊夫

【電話番号】 03-5541-7577

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 062721

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9904833

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 信号処理装置及び信号処理方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 あるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置を介して受信して得た複数の受信信号を処理する信号処理装置であって、

それぞれの受信信号を複数の周波数帯域別信号に分解する第 1 の手段と、

2 つの異なる受信装置に由来する周波数帯域別信号間の相互相関関数を、対応する周波数帯域ごとに、受信装置の組み合わせごとに計算する第 2 の手段と、

相互相関関数に基づいて信号源の方向又は位置を推定する第 3 の手段と、
を具備することを特徴とする信号処理装置。

【請求項 2】

前記第 1 の手段は、それぞれ異なる周波数帯域の信号を通過する複数の帯域通過フィルタで構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 3】

前記第 3 の手段は、

相互相関関数が極大となる遅延時間を周波数帯域ごとに受信装置の組み合わせごとに求めて候補遅延時間とする極大検出手段と、

該候補遅延時間を最も整合的に与えるよう信号源の数及び方向又は位置を推定する推定手段と、

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 4】

前記第 3 の手段は、

周波数帯域ごとに相互相関関数を規格化する規格化手段と、

受信装置の組み合わせごとに規格化された相互相関関数をすべて又は一部の複数の周波数帯域にわたって加算する加算手段と、

該規格化された相互相関関数の加算結果に基づいて信号源の方向又は位置を推定する推定手段と、

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 5】

前記推定手段は、前記加算手段により加算された相互相関関数が極大となる遅延時間を受信装置の組み合わせごとに求めて候補遅延時間とし、各候補遅延時間を最も整合的に与える信号源の数及び方向又は位置を推定することを特徴とする請求項 4 に記載の信号処理装置。

【請求項 6】

前記加算手段は、信号源からの信号の性質が事前に知られている場合には、受信信号による成分を強調し、雑音による成分を抑制するように重み付き加算を行うことを特徴とする請求項 4 に記載の信号処理装置。

【請求項 7】

前記信号源は音源であることを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 8】

1 つあるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置を介して受信した信号を記録した記録媒体から再生される信号を処理する信号処理装置であって、

再生されたそれぞれの受信信号を複数の周波数帯域別信号に分解する第 1 の手段と、

2 つの異なる受信装置に由来する周波数帯域別信号間の相互相関関数を、対応する周波数帯域ごとに、受信装置の組み合わせごとに計算する第 2 の手段と、

相互相関関数に基づいて信号源の方向又は位置を推定する第 3 の手段と、を具備することを特徴とする信号処理装置。

【請求項 9】

1 つあるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置を介して受信して得た複数の受信信号を処理する信号処理装置であって、

それぞれの受信信号を複数の周波数帯域別信号に分解する第 1 の手段と、

2 つの異なる受信装置に由来する周波数帯域別信号間の相互相関関数を、対応する周波数帯域ごとに、受信装置の組み合わせごとに計算する第 2 の手段と、

相互相関関数に基づいて信号源の方向又は位置と受信装置の配置とによって定まる各受信装置ごとの遅延時間を推定する第 3 の手段と、

該推定遅延時間を用いて各受信信号の周波数帯域別信号をそれぞれ遅延し、該

遅延した周波数帯域別信号を加算する第 4 の手段と、
を具備することを特徴とする信号処理装置。

【請求項 1 0】

前記第 1 の手段は、それぞれ異なる周波数帯域の信号を通過する複数の帯域通過フィルタで構成されることを特徴とする請求項 9 に記載の信号処理装置。

【請求項 1 1】

前記第 3 の手段は、

相互相関関数が極大となる遅延時間を周波数帯域ごとに受信装置の組み合わせごとに求めて候補遅延時間とする極大検出手段と、

該候補遅延時間を最も整合的に与えるよう信号源の方向又は位置を推定し、該推定した信号源の方向又は位置により各受信装置ごとの遅延時間を推定する推定手段と、

を備えることを特徴とする請求項 9 に記載の信号処理装置。

【請求項 1 2】

前記第 3 の手段は、

周波数帯域ごとに相互相関関数を規格化する規格化手段と、

受信装置の組み合わせごとに規格化された相互相関関数をすべて又は一部の複数の周波数帯域にわたって加算する加算手段と、

該規格化された相互相関関数の加算結果に基づいて各受信装置ごとの遅延時間を推定する推定手段と、

を備えることを特徴とする請求項 9 に記載の信号処理装置。

【請求項 1 3】

前記推定手段は、前記加算手段により加算された相互相関関数が極大となる遅延時間を受信装置の組み合わせごとに求めて候補遅延時間とし、各候補遅延時間を最も整合的に与える信号源の数及び方向又は位置を推定し、該推定した信号源の方向又は位置により各受信装置ごとの遅延時間を推定することを特徴とする請求項 1 2 に記載の信号処理装置。

【請求項 1 4】

前記加算手段は、信号源からの信号の性質が事前に知られている場合には、受

信信号による成分を強調し、雑音による成分を抑制するように重み付き加算を行うことを特徴とする請求項 1 2 に記載の信号処理装置。

【請求項 1 5】

前記第 4 の手段は、遅延した周波数帯域別信号を加算する際に、推定した遅延時間における周波数帯域別信号間の相互相関関数の値に応じて周波数帯域ごとに重み係数を定め、該重み係数を用いて重み付き加算を行うことを特徴とする請求項 9 に記載の信号処理装置。

【請求項 1 6】

前記信号源は音源であることを特徴とする請求項 9 に記載の信号処理装置。

【請求項 1 7】

1 つあるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置を介して受信した信号を記録した記録媒体から再生される信号を処理する信号処理装置であって、

再生されたそれぞれの受信信号を複数の周波数帯域別信号に分解する第 1 の手段と、

2 つの異なる受信装置に由来する周波数帯域別信号間の相互相関関数を、対応する周波数帯域ごとに、受信装置の組み合わせごとに計算する第 2 の手段と、

相互相関関数に基づいて信号源の方向又は位置と受信装置の配置とによって定まる各受信装置ごとの遅延時間を推定する第 3 の手段と、

該推定遅延時間を用いて各受信信号の周波数帯域別信号をそれぞれ遅延し、該遅延した周波数帯域別信号を加算する第 4 の手段と、

を具備することを特徴とする信号処理装置。

【請求項 1 8】

1 つあるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置を介して受信して得た複数の受信信号を処理する信号処理方法であって、

それぞれの受信信号を複数の周波数帯域別信号に分解する第 1 のステップと、

2 つの異なる受信装置に由来する周波数帯域別信号間の相互相関関数を、対応する周波数帯域ごとに、受信装置の組み合わせごとに計算する第 2 のステップと、

相互相関関数に基づいて信号源の方向又は位置を推定する第 3 のステップと、

を具備することを特徴とする信号処理方法。

【請求項19】

前記第3のステップは、

相互相関関数が極大となる遅延時間を周波数帯域ごとに受信装置の組み合わせごとに求めて候補遅延時間とする極大検出ステップと、

該候補遅延時間を最も整合的に与えるよう信号源の数及び方向又は位置を推定する推定ステップと、

を備えることを特徴とする請求項18に記載の信号処理方法。

【請求項20】

前記第3のステップは、

周波数帯域ごとに相互相関関数を規格化する規格化ステップと、

受信装置の組み合わせごとに規格化された相互相関関数をすべて又は一部の複数の周波数帯域にわたって加算する加算ステップと、

該規格化された相互相関関数の加算結果に基づいて信号源の方向又は位置を推定する推定ステップと、

を備えることを特徴とする請求項18に記載の信号処理方法。

【請求項21】

前記推定ステップでは、前記加算ステップにより加算された相互相関関数が極大となる遅延時間を受信装置の組み合わせごとに求めて候補遅延時間とし、各候補遅延時間を最も整合的に与える信号源の数及び方向又は位置を推定することを特徴とする請求項20に記載の信号処理方法。

【請求項22】

前記加算ステップでは、信号源からの信号の性質が事前に知られている場合には、受信信号による成分を強調し、雑音による成分を抑制するように重み付き加算を行うことを特徴とする請求項20に記載の信号処理方法。

【請求項23】

前記信号源は音源であることを特徴とする請求項18に記載の信号処理方法。

【請求項24】

1つあるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置を介して受信した信号

を記録した記録媒体から再生される信号を処理する信号処理方法であって、

再生されたそれぞれの受信信号を複数の周波数帯域別信号に分解する第 1 のステップと、

2 つの異なる受信装置に由来する周波数帯域別信号間の相互相関関数を、対応する周波数帯域ごとに、受信装置の組み合わせごとに計算する第 2 のステップと

相互相関関数に基づいて信号源の方向又は位置を推定する第 3 のステップと、
を具備することを特徴とする信号処理方法。

【請求項 2 5】

1 つあるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置を介して受信して得た複数の受信信号を処理する信号処理方法であって、

それぞれの受信信号を複数の周波数帯域別信号に分解する第 1 のステップと、

2 つの異なる受信装置に由来する周波数帯域別信号間の相互相関関数を、対応する周波数帯域ごとに、受信装置の組み合わせごとに計算する第 2 のステップと

相互相関関数に基づいて信号源の方向又は位置と受信装置の配置とによって定まる各受信装置ごとの遅延時間を推定する第 3 のステップと、

該推定遅延時間を用いて各受信信号の周波数帯域別信号をそれぞれ遅延し、該遅延した周波数帯域別信号を加算する第 4 のステップと、

を具備することを特徴とする信号処理方法。

【請求項 2 6】

前記第 3 のステップは、

相互相関関数が極大となる遅延時間を周波数帯域ごとに受信装置の組み合わせごとに求めて候補遅延時間とする極大検出ステップと、

該候補遅延時間を最も整合的に与えるよう信号源の方向又は位置を推定し、該推定した信号源の方向又は位置により各受信装置ごとの遅延時間を推定する推定ステップと、

を備えることを特徴とする請求項 2 5 に記載の信号処理方法。

【請求項 2 7】

前記第 3 のステップは、

周波数帯域ごとに相互相関関数を規格化する規格化ステップと、

受信装置の組み合わせごとに規格化された相互相関関数をすべて又は一部の複数の周波数帯域にわたって加算する加算ステップと、

該規格化された相互相関関数の加算結果に基づいて各受信装置ごとの遅延時間を推定する推定ステップと、

を備えることを特徴とする請求項 2 5 に記載の信号処理方法。

【請求項 2 8】

前記推定ステップでは、前記加算ステップにより加算された相互相関関数が極大となる遅延時間を受信装置の組み合わせごとに求めて候補遅延時間とし、各候補遅延時間を最も整合的に与える信号源の数及び方向又は位置を推定し、該推定した信号源の方向又は位置により各受信装置ごとの遅延時間を推定することを特徴とする請求項 2 7 に記載の信号処理方法。

【請求項 2 9】

前記加算ステップでは、信号源からの信号の性質が事前に知られている場合には、受信信号による成分を強調し、雑音による成分を抑制するように重み付き加算を行うことを特徴とする請求項 2 7 に記載の信号処理方法。

【請求項 3 0】

前記第 4 のステップでは、遅延した周波数帯域別信号を加算する際に、推定した遅延時間における周波数帯域別信号間の相互相関関数の値に応じて周波数帯域ごとに重み係数を定め、該重み係数を用いて重み付き加算を行うことを特徴とする請求項 2 5 に記載の信号処理方法。

【請求項 3 1】

前記信号源は音源であることを特徴とする請求項 2 5 に記載の信号処理方法。

【請求項 3 2】

1 つあるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置を介して受信した信号を記録した記録媒体から再生される信号を処理する信号処理方法であって、

再生されたそれぞれの受信信号を複数の周波数帯域別信号に分解する第 1 のステップと、

2つの異なる受信装置に由来する周波数帯域別信号間の相互相関関数を、対応する周波数帯域ごとに、受信装置の組み合わせごとに計算する第2のステップと

相互相関関数に基づいて信号源の方向又は位置と受信装置の配置とによって定まる各受信装置ごとの遅延時間を推定する第3のステップと、

該推定遅延時間を用いて各受信信号の周波数帯域別信号をそれぞれ遅延し、該遅延した周波数帯域別信号を加算する第4のステップと、

を具備することを特徴とする信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、音源などの信号源が存在する方向や位置を推定する信号源方向又は位置推定方法及び装置に係り、特に、複数の受信装置で受信される各受信信号間の相互相関関数に基づいて1つあるいは複数の信号源の方向や位置を推定する信号源方向又は位置推定方法及び装置に関する。

【0002】

また、本発明は、複数の受信装置で受信される各受信信号間の相互相関関数に基づいて1つあるいは複数の信号源の信号を強調する信号強調方法及び装置に関する。

【0003】

【従来の技術】

雑音の多い環境や、複数の信号源が同時に信号を発生しているような環境下で、信号源の方向や位置を推定する技術は、信号源からの信号をより良く受信するよう受信装置を適応させるシステムや、信号源の方向にビデオ・カメラを自動的に向けて監視を行うシステム、発言者の方向にビデオ・カメラを自動的に向けて発言者の映像を送信するテレビ会議システムなどに利用される。

【0004】

このような信号処理の技術分野においては、発信信号を複数の受信装置を用いて受信して、各受信信号間の相互相関関数に基づいて信号源の方向や位置を推定

することが従来から行われている。

【0005】

例えば、特開平11-83982号公報には、複数のマイクロホンのうち選択された2個のマイクロホンの出力間における、仮定した音源方向角度に対応する遅延時間を与えて相互相関係数をそれぞれ求めた上で、これを加算した値を音源方向角度に対して表示する音源方向検知装置について開示されている。該公報に記載の音源方向検知装置によれば、SN比が悪い場合でも、音波の種類の如何を問わず、音の到来方向を的確に知ることができる。

【0006】

また、特開平11-304906号公報には、複数のマイクロホンで受信した信号の相互相関関数を、すべてのマイクロホンの組について計算し、これら相互相関関数の最大値を与える時間差を予備推定時間差とし、続いて、すべてのマイクロホンについての遅延和のパワーを最大にする時間差を予備推定時間差の近傍で探索してこれを推定時間差とし、この推定時間差に基づいて音源の位置を計算する音源位置推定方法について開示されている。時間差は音源の方向角度に相当する。各マイクに遅延を付けて足し合わせることにより、特定方向の受信感度を上げることができる。該公報に記載の音源位置推定方法は、耐雑音性に優れ、且つ、演算量が少なく済む。

【0007】

また、特許第2982766号公報には、複数のマイクロホンで獲得した複数のオーディオ信号から、信号そのもの、あるいは信号から計算した自己回帰係数を係数とする逆フィルタにより白色化した信号の極性のみを抽出した符号時間系列を生成し、これらの符号時間系列の相互相関関数を計算し、これら相互相関関数から正規化電力を計算してその時間平均を計算し、この時間平均を基に音源方向を推定する方法及びその装置について開示されている。

【0008】

しかしながら、上記の従来技術はいずれも、雑音が多い場合や同時に信号を発生する信号源の数が多い場合には、十分に信号源の方向や位置を推定することができない。

【 0 0 0 9 】

特開平 1 1 - 3 0 4 9 0 6 号公報では、相互相関関数の最大値を与える時間差を予備推定時間差とし、この近傍で遅延和のパワーを最大にする時間差を探索して、その時間差から音源位置を計算するようにしている（上述）。この方法を複数の信号源が存在する環境下で、それぞれの信号源の方向や位置の推定に適用することを想定した場合、それぞれの信号源に対応する予備推定時間を相互相関関数から求め、各々の予備推定時間の近傍で遅延和のパワーを細大にする時間差をそれぞれ探索する必要がある。このため、探索に要する計算量が信号源の数に比例して増大してしまうことになる。

【 0 0 1 0 】

また、特許第 2 9 8 2 7 6 6 号公報では、装置のハードウェア規模を小さくするために、信号の相互相関関数を計算するのではなく、信号そのもの、あるいは白色化した信号の極性のみを抽出した符号時間系列の相互相関関数を基に音源方向を推定するようにしている。

【 0 0 1 1 】

信号そのものの極性を抽出する方法においては、比較的レベルの高い低周波の雑音が受信信号に含まれている場合、抽出された符号時間系列は - 1 又は + 1 がその雑音の周期の 2 分の 1 程度の期間にわたって連続することになる。したがって、符号時間系列は音源の信号ではなくこの低周波雑音に対応することになるので、その相互相関関数から音源方向を求めることができない。

【 0 0 1 2 】

また、白色化した信号の極性を抽出する方法を利用する場合、白色化の過程において受信信号に含まれる音源からの符号に特有の性質が失われてしまう。このため、その相互相関関数は雑音の影響を強く受けるようになるので、音源方向の推定性能が劣化してしまう。なお、白色化の方法については、例えば "Improvement of the performance of cross correlation method for identifying aircraft noise with pre-whitening of signals" (The Journal of the Acoustical Society of Japan, vol.13, no.4, pp.241-252, July 1992) に記載されているが、これはそもそも飛行場近くで測定した飛行機の騒音を対象としたものである。

【0013】

また、特許第2985982号公報には、2つのマイクロホンの出力を、それぞれ帯域分割した上で、各周波数帯域ごとに信号のパワーを求め、ピーク・ホールドし、その対数を計算して、時間差分処理した信号の対応する周波数帯域ごとの相互相関関数を求め、これらの帯域ごとの相互相関関数を重み付け平均化し、その最大値を取る時間差から音源方向を演算する音源方向推定方法について開示されている。

【0014】

該公報に記載の方法によれば、反射音が多い環境下においても、直接音に基づいて音源方向を推定することができるとされている。しかしながら、この方法による場合、各マイクロホンからの入力信号の各周波数帯域ごとの対数計算に要する計算量が多く、これを実現するためのハードウェアが大規模化してしまう。また、信号のパワーが比較的小さい、若しくは雑音のパワーが比較的大きい場合には、対数処理によって反射音の影響を小さくすることができないこともある。例えば、暗騒音のパワーが1で、そこにパワーが2の直接音が到達し、続いてパワーが3の反射音が到達したとすると、対数化処理後の数値では、暗騒音は3.0 dB、反射音は4.7 dBとなる。したがって、対数化処理前では反射音の大きさは直接音の1.5倍であるが、対数化処理後では1.57倍となり、反射音の影響は数値的に軽減されない^{/*}。

【0015】

雑音の多い環境や、複数の信号源が同時に信号を発生しているような環境において、雑音や、他の信号源からの信号の影響を抑制し、ある1つの信号源の信号を強調したり分離する技術は、信号が音声の場合には、音声認識装置の認識性能を高めたり、予想される信号源の種類ごとにあらかじめ測定しておいた信号と受信信号とを比較して信号源の特定を行う信号源識別装置の識別性能を高めたりする目的で利用される。

【0016】

このような信号強調・分離技術の分野においては、複数の受信装置により信号を受信し、その受信信号間の相互相関関数などに基づいて信号源の方向又は位置

と受信装置の位置によって定まる各受信装置ごとの遅延時間を推定して、この推定遅延時間を用いて各受信信号を遅延させた上で加算し、信号源の信号を強調したり、あるいは分離することが行われている。

【 0 0 1 7 】

例えば、特開平 5 - 9 5 5 9 6 号公報には、複数のマイクロホンにより受信された各音声信号を、それぞれ帯域通過フィルタにより周波数帯域別に分解して、周波数帯域別信号間の相互相関関数を求め、この相互相関関数から各音声信号の時間差を検出して、各音声信号をこの検出時間差に基づいて遅延した後に加算する雑音低減装置について開示されている。該雑音低減装置によれば、入力音声信号を合成することで雑音を抑えつつ音声信号を強調して取り出すことにより、S/N 比を向上させることができる。

【 0 0 1 8 】

また、特開平 9 - 2 5 1 2 9 9 号公報には、複数のマイクロホンからなるマイクロホン・アレイからの入力信号を、帯域通過フィルタ・バンクにより周波数帯域ごとのバンド・パス波形をマイクロホン・チャンネル別に求め、仮定する音源位置又は方向ごとのバンド・パス・パワー分布を、最小分散法などにより求め、この周波数帯域別のバンド・パス・パワー分布をすべての周波数帯域について統合して、音源位置又は方向を推定するとともに、この推定した音源位置又は方向に基づいて、周波数帯域ごとのバンド・パス・パワー分布から該当するバンド・パス・パワーを音声パラメータとして抽出して、音声認識を行うマイクロホン・アレイ入力型音声認識装置及び方法について開示されている。

【 0 0 1 9 】

また、特許第 2 9 2 8 8 7 3 号公報には、複数の波動収集回路により検出された波動を、周波数帯域ごとの信号又はその時間的レベル変化を信号成分として求め、これらの各周波数帯域ごとの信号成分の相互相関関数を計算して、相関値が設定された閾値を越える信号成分間の時間差を求め、この時間差が所定の設定遅れ時間に含まれる周波数帯域の信号成分を取り出し、この所定の設定遅れ時間に対応する特定の位置から到来した波動成分を各周波数帯域ごとに出力したり、あるいはこれらの信号成分を加算して、特定の位置から到来した波動成分を出力す

る信号処理装置について開示されている。

【 0 0 2 0 】

しかしながら、特開平 5 - 9 5 5 9 6 号公報に記載の雑音低減装置は、主に自動車電話に利用することが想定されており、その信号を強調すべき音源は運転者の声であって、信号源は 1 つと仮定されている。すなわち、複数の音源からの信号をそれぞれ強調することは考慮されておらず、また、音源のおおよその位置をあらかじめ想定しているので、任意の位置にある音源に関する処理が考慮されていない。また、強調信号は周波数帯域別に分解する前の信号をそのまま遅延して加算しているので、ある周波数帯域に比較的大きな雑音がある場合には、これを十分に抑制することができない。

【 0 0 2 1 】

また、特開平 9 - 2 5 1 2 9 9 号公報に記載のマイクロホン・アレイ入力型音声認識装置及び方法では、仮定する音源位置又は方向ごとのバンド・パス・パワー分布を最小分散法などにより求めている。ところが、最小分散法は、音源の数がマイクロホン・アレイを構成するマイクロホンの総数より少ない場合に適用できる方法であり、またその計算量は多い。また、最小分散法に代えて遅延和法を用いれば、計算量のある程度削減することができるが、音源位置又は方向の推定精度は低くなってしまう。したがって、信号源の数、及びその位置又は方向が未知である場合、充分と考えられるだけのマイクロホンを用意するとともに仮定する信号源位置又は方向を変化させながら最小分散法などを適用するか、あるいは、仮定する信号源位置又は方向を複数設定して並列に最小分散法を適用することが必要となる。このような処理を実現するハードウェアは高価なものになるか、あるいは極めて大規模なものになる。

【 0 0 2 2 】

また、特許第 2 9 2 8 8 7 3 号公報に記載の信号処理装置は、所定の位置から到来する波動成分を抽出・分離することを目的として構成されたものであり、信号源の方向又は位置が未知であって信号の到来方向が未知である場合に、信号源の方向又は位置を推定して、その方向からの信号を抽出・分離したり強調する点については考慮されていない。

【 0 0 2 3 】

以上を総括すれば、従来の技術においては、あらかじめ信号源の方向や位置が知られておらず、且つ、雑音が多い場合や、同時に信号を発生する信号源の数が多い場合、特に受信装置の数より信号源の数が多い場合に、1つあるいは複数の信号源の方向又は位置を十分な精度で推定することができず、また、1つあるいは複数の信号源からの信号を十分に強調することができなかった。

【 0 0 2 4 】

《注釈》

*：ここで言う「反射音」は、持続している直接音とそれに加えて到来する反射音を含むものとする。通常、反射音単独のパワーが直接音のパワーより大きくなることはない。指向性マイクロホンを用いている場合は、指向性の高い方向が反射音の到来方向近くを向いていて、指向性の低い方向が直接音の到来方向に向いている場合を仮定すると、反射音単独のパワーが直接音のそれよりも大きくなることもある。

【 0 0 2 5 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、音源などの信号源が存在する方向や位置を推定することができる、優れた信号源方向又は位置推定方法及び装置を提供することにある。

【 0 0 2 6 】

本発明の更なる目的は、存在する方向や位置があらかじめ知られていない1あるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置で受信した信号を用いて、信号源の方向又は位置を推定することができる、優れた信号源方向又は位置推定方法及び装置を提供することにある。

【 0 0 2 7 】

本発明の更なる目的は、複数の受信装置で受信される各受信信号間の相互相関関数に基づいて1つあるいは複数の信号源の信号を強調することができる、優れた信号強調方法及び装置を提供することにある。

【 0 0 2 8 】

本発明の更なる目的は、存在する方向や位置があらかじめ知られていない1あ

るいは複数の信号源からの信号を、複数の受信装置で受信した信号を用いて強調することができる、優れた信号強調方法及び装置を提供することにある。

【 0 0 2 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を参酌してなされたものであり、その第 1 の側面は、1 あるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置を介して受信して得た複数の受信信号を処理する信号処理装置又は方法であって、

それぞれの受信信号を複数の周波数帯域別信号に分解する第 1 の手段又はステップと、

2 つの異なる受信装置に由来する周波数帯域別信号間の相互相関関数を、対応する周波数帯域ごとに、受信装置の組み合わせごとに計算する第 2 の手段又はステップと、

相互相関関数に基づいて信号源の方向又は位置を推定する第 3 の手段又はステップと、

を具備することを特徴とする信号処理装置又は方法である。

【 0 0 3 0 】

前記第 1 の手段は、それぞれ異なる周波数帯域の信号を通過する複数の帯域通過フィルタで構成することができる。

【 0 0 3 1 】

また、前記第 3 の手段又はステップは、

相互相関関数が極大となる遅延時間を周波数帯域ごとに受信装置の組み合わせごとに求めて候補遅延時間とする極大検出手段又はステップと、

該候補遅延時間を最も整合的に与えるよう信号源の数及び方向又は位置を推定する推定手段又はステップと、

を備えていてもよい。

【 0 0 3 2 】

また、前記第 3 の手段又はステップは、

周波数帯域ごとに相互相関関数を規格化する規格化手段又はステップと、

受信装置の組み合わせごとに規格化された相互相関関数をすべて又は一部の複

数の周波数帯域にわたって加算する加算手段又はステップと、

該規格化された相互相関関数の加算結果に基づいて信号源の方向又は位置を推定する推定手段又はステップと、

を備えていてもよい。

【 0 0 3 3 】

また、前記推定手段又はステップは、前記加算手段又はステップにより加算された相互相関関数が極大となる遅延時間を受信装置の組み合わせごとに求めて候補遅延時間とし、各候補遅延時間を最も整合的に与える信号源の数及び方向又は位置を推定するようにしてもよい。

【 0 0 3 4 】

また、前記加算手段又はステップは、信号源からの信号の性質が事前に知られている場合には、受信信号による成分を強調し、雑音による成分を抑制するように重み付き加算を行うようにしてもよい。

【 0 0 3 5 】

また、前記信号源は音源であってもよい。

【 0 0 3 6 】

また、本発明の第 2 の側面は、1 あるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置を介して受信した信号を記録した記録媒体から再生される信号を処理する信号処理装置又は装置であって、

再生されたそれぞれの受信信号を複数の周波数帯域別信号に分解する第 1 の手段又はステップと、

2 つの異なる受信装置に由来する周波数帯域別信号間の相互相関関数を、対応する周波数帯域ごとに、受信装置の組み合わせごとに計算する第 2 の手段又はステップと、

相互相関関数に基づいて信号源の方向又は位置を推定する第 3 の手段又はステップと、

を具備することを特徴とする信号処理装置又は方法である。

【 0 0 3 7 】

また、本発明の第 3 の側面は、1 あるいは複数の信号源からの信号を複数の受

信装置を介して受信して得た複数の受信信号を処理する信号処理装置又は方法であって、

それぞれの受信信号を複数の周波数帯域別信号に分解する第 1 の手段又はステップと、

2 つの異なる受信装置に由来する周波数帯域別信号間の相互相関関数を、対応する周波数帯域ごとに、受信装置の組み合わせごとに計算する第 2 の手段又はステップと、

相互相関関数に基づいて信号源の方向又は位置と受信装置の配置とによって定まる各受信装置ごとの遅延時間を推定する第 3 の手段又はステップと、

該推定遅延時間を用いて各受信信号の周波数帯域別信号をそれぞれ遅延し、該遅延した周波数帯域別信号を加算する第 4 の手段又はステップと、
を具備することを特徴とする信号処理装置又は方法である。

【 0 0 3 8 】

前記第 1 の手段は、それぞれ異なる周波数帯域の信号を通過する複数の帯域通過フィルタで構成することができる。

【 0 0 3 9 】

また、前記第 3 の手段又はステップは、

相互相関関数が極大となる遅延時間を周波数帯域ごとに受信装置の組み合わせごとに求めて候補遅延時間とする極大検出手段又はステップと、

該候補遅延時間を最も整合的に与えるよう信号源の方向又は位置を推定し、該推定した信号源の方向又は位置により各受信装置ごとの遅延時間を推定する推定手段又はステップと、
を備えていてもよい。

【 0 0 4 0 】

また、前記第 3 の手段又はステップは、

周波数帯域ごとに相互相関関数を規格化する規格化手段又はステップと、

受信装置の組み合わせごとに規格化された相互相関関数をすべて又は一部の複数の周波数帯域にわたって加算する加算手段又はステップと、

該規格化された相互相関関数の加算結果に基づいて各受信装置ごとの遅延時間

を推定する推定手段又はステップと、
を備えていてもよい。

【0041】

また、前記推定手段又はステップは、前記加算手段又はステップにより加算された相互相関関数が極大となる遅延時間を受信装置の組み合わせごとに求めて候補遅延時間とし、各候補遅延時間を最も整合的に与える信号源の数及び方向又は位置を推定し、該推定した信号源の方向又は位置により各受信装置ごとの遅延時間を推定するようにしてもよい。

【0042】

また、前記加算手段又はステップは、信号源からの信号の性質が事前に知られている場合には、受信信号による成分を強調し、雑音による成分を抑制するように重み付き加算を行うようにしてもよい。

【0043】

また、前記第4の手段又はステップは、遅延した周波数帯域別信号を加算する際に、推定した遅延時間における周波数帯域別信号間の相互相関関数の値に応じて周波数帯域ごとに重み係数を定め、該重み係数を用いて重み付き加算を行うようにしてもよい。

【0044】

また、前記信号源は音源であってもよい。

【0045】

また、本発明の第4の側面は、1あるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置を介して受信した信号を記録した記録媒体から再生される信号を処理する信号処理装置又は方法であって、

再生されたそれぞれの受信信号を複数の周波数帯域別信号に分解する第1の手段又はステップと、

2つの異なる受信装置に由来する周波数帯域別信号間の相互相関関数を、対応する周波数帯域ごとに、受信装置の組み合わせごとに計算する第2の手段又はステップと、

相互相関関数に基づいて信号源の方向又は位置と受信装置の配置とによって定

まる各受信装置ごとの遅延時間を推定する第 3 の手段又はステップと、

該推定遅延時間を用いて各受信信号の周波数帯域別信号をそれぞれ遅延し、該遅延した周波数帯域別信号を加算する第 4 の手段又はステップと、

を具備することを特徴とする信号処理装置又は方法である。

【 0 0 4 6 】

【作用】

1 あるいは複数の信号源からの信号を、複数の受信装置で受信して、各受信信号を複数の帯域通過フィルタにより周波数帯域別の信号に分解する。そして、2 つの異なる受信装置に由来するこれらの周波数帯域別信号間の相互相関関数を、相当する周波数帯域ごとで且つ受信装置の組合せごとに計算する。方向性のない雑音のパワーがある一部の周波数帯域において大きい場合には、その周波数帯域における相互相関関数は極大値を示さないで、信号源の方向又は位置、あるいは信号源の方向又は位置と受信装置の配置とによって定まる各受信装置ごとの遅延時間を推定する際に、この雑音の影響を効果的に抑制することができる。

【 0 0 4 7 】

また、方向性のない雑音のパワーが、すべての周波数帯域において大きい場合であっても、信号源からの信号が存在する周波数帯域においては、その周波数帯域内で信号が雑音により打ち消されてしまわない限り、その周波数帯域の相互相関関数は、信号源の方向又は位置と受信装置の配置とによって定まる各受信装置ごとの遅延時間に極大値を持つので、信号源の方向又は位置、あるいは信号源の方向又は位置と受信装置の配置とによって定まる各受信装置ごとの遅延時間を推定することができる。

【 0 0 4 8 】

また、方向性のある雑音の場合は、これも信号源の 1 つとして、その方向又は位置、あるいはその方向又は位置と受信装置の配置とによって定まる各受信装置ごとの遅延時間を推定することができる。

【 0 0 4 9 】

また、相互相関関数から信号源の方向又は位置を推定する方法、あるいは信号源の方向又は位置と受信装置の配置とによって定まる各受信装置ごとの遅延時間

を推定する方法において、周波数帯域ごとに相互相関関数を規格化し、受信装置の組合せごとにこれらの規格化した相互相関関数を、すべてのあるいは一部の複数の周波数帯域にわたって加算する方法を用いることによって、周波数帯域によってパワー・レベルが異なる信号の場合に、パワー・レベルが低い周波数帯域の情報も、パワー・レベルが高い他の周波数帯域の信号に妨害されることなく、有効に利用することができるので、信号源の方向又は位置、あるいは信号源の方向又は位置と受信装置の配置とによって定まる各受信装置ごとの遅延時間を推定する際の精度を高めることができる。

【 0 0 5 0 】

また、受信装置の組合せごとにこれらの規格化した相互相関関数を複数の周波数帯域にわたって加算する方法を用いることによって、これら加算された相互相関関数が極大となる遅延時間を、受信装置の組合せごとに求め、これらを候補遅延時間とするので、加算を用いない方法と比較して候補遅延時間の数を削減することができる。すなわち、これらの候補遅延時間を最も整合的に与える信号源の数及び方向又は位置を推定する際の計算量を減らすこと、又はその計算に必要なハードウェアの規模を小さくすることができる。

【 0 0 5 1 】

また、上述した相互相関関数の加算においては、事前に信号や雑音に関する性質が知られている場合などには、信号による成分を強調して、雑音による成分を抑制するように重み付き加算することによって、信号源の方向又は位置、あるいは信号源の方向又は位置と受信装置の配置とによって定まる各受信装置ごとの遅延時間を推定する際の精度をいっそう高めることができる。

【 0 0 5 2 】

また、本発明に係る信号強調方法及び装置において、遅延した周波数帯域別信号を加算する際に、推定した遅延時間における周波数帯域別信号間の相互相関関数の値に応じて、周波数帯域ごとに重み係数を定め、それらの重み係数を用いて重み付き加算する場合は、歪みが生じる欠点はあるが、雑音や他の信号源からの影響を小さくすることができ、強調をより明確に行うことができる。

【 0 0 5 3 】

本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施例や添付する図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

【 0 0 5 4 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施例を詳解する。

【 0 0 5 5 】

〔第 1 の実施例〕

図 1 には、本発明の第 1 の実施例に係る信号処理装置の機能構成を模式的に示している。

【 0 0 5 6 】

同図に示すように、この信号処理装置は、1 以上の信号源 1-1, 1-2... から発生する信号を受信する複数 (M 個) のマイクロホン 2-1, 2-2, ..., 2-M と、各マイクロホン 2-1... の受信信号を増幅する増幅器 3-1, 3-2, ..., 3-M と、各増幅信号をデジタル変換する A/D 変換器 4-1, 4-2, ..., 4-M と、帯域通過フィルタ・バンク 5-1, 5-2, ..., 5-M とからなる複数 (図示の例では M 個) の受信系統と、対応する周波数帯域ごとに受信系統の組み合わせごとに周波数帯域別信号間の相互相関関数を計算する相互相関関数計算部 6 と、これら算出された相互相関関数を基に信号源の方向又は位置を推定する信号源方向又は位置推定部 7 とで構成される。

【 0 0 5 7 】

マイクロホン 2-1, 2-2, ..., 2-M でそれぞれ受信され、増幅器 3-1, 3-2, ..., 3-M でそれぞれ増幅された受信信号は、A/D 変換器 4-1, 4-2, ..., 4-M によりそれぞれデジタル変換されて、デジタル受信信号 $x(m; t)$ を得る。ここで、 $m (= 1, 2, \dots, M)$ は、マイクロホンを識別するための参照番号であり、また、 $t (= 1, 2, \dots)$ は信号が劣化しないように選ばれたサンプリング周期を単位とする時刻である。

【 0 0 5 8 】

次いで、デジタル変換された各受信信号 $x(m, t)$ は、それぞれ対応する帯域通過フィルタ・バンク部 5-m ($m = 1, 2, \dots, M$) に入力される。帯域通

過フィルタ・バンク部 5-m は、それぞれ複数の帯域通過フィルタで構成されて、増幅及びデジタル変換された受信信号を複数の周波数帯域別信号に分解することができる。ここでは、 $F (> 1)$ 個の帯域別信号 $x(m, 1; t)$, $x(m, 2; t)$, \dots , $x(m, F; t)$ に分解されて出力されるものとする。 F は、各フィルタ・バンク部のバンク数である。

【 0 0 5 9 】

次いで、 $M \times F$ 個の帯域別信号 $x(m, f; t)$ ($m = 1, 2, \dots, M; f = 1, 2, \dots, F$) は相互相関関数計算部 6 に入力される。相互相関関数計算部 6 では、異なる 2 つのマイクロホンの組み合わせ (m, n) ごとに、対応する周波数帯域別の相互相関関数 $r(m, n, f; t; d)$ ($m = 1, 2, \dots, M-1; n = m+1, m+2, \dots, M; f = 1, 2, \dots, F; d = -T, -T+1, \dots, T$) を計算して出力する。ここで、 $d (= -T, -T+1, \dots, T)$ は、 $x(n, f; t)$ を基準として $x(m, f, t)$ を遅延させたと考える遅延時間であり、 T は以下で説明するように、マイクロホンの間隔と信号の速さとサンプリング周期から定める最大遅延時間である。

【 0 0 6 0 】

次いで、算出された $M \times (M-1) \times F/2$ 個の帯域別相互相関関数 $r(m, n, f; t; d)$ ($m = 1, 2, \dots, M-1; n = m+1, m+2, \dots, M; t = 1, 2, \dots; d = -T, -T+1, \dots, T$) は信号源方向又は位置推定部 7 に入力されて、信号源の方向又は位置が推定されて出力される。

【 0 0 6 1 】

図 2 には、帯域通過フィルタ・バンク部 5-m の内部構成を図解している。同図に示すように、帯域通過フィルタ・バンク部 5-m は、それぞれ異なる周波数帯域を受け持つ F 個の帯域通過フィルタ 8-1, 8-2, \dots , 8-F で構成される。各帯域通過フィルタ 8-1, 8-2, \dots , 8-F は、例えばデジタル・フィルタで構成される。

【 0 0 6 2 】

m 番目のマイクロホン 2-m からの受信信号に由来する信号 $x(m; t)$ は、それぞれ異なる周波数帯域を受け持つ F 個の帯域通過フィルタ 8-1, 8-2,

..., $8 - F$ によりフィルタリングされることにより、帯域別の F 個の信号 $x(m, f; t)$ ($f = 1, 2, \dots, F$) に分解されて出力される。

【0063】

図3には、相互相関関数計算部6の内部構成を図解している。同図では、相互相関関数係数部6のうち、 m 番目のマイクロホン5- m と n 番目のマイクロホン5- n の各々からの受信信号間の相互相関関数を計算する部分を抽出して図解している。

【0064】

m 番目のマイクロホン2- m と n 番目のマイクロホン2- n の各々からの受信信号における f 番目の周波数帯域の各帯域別信号 $x(m, f; t)$ 及び $x(n, f; t)$ ($m = 1, 2, \dots, M-1$; $n = m+1, m+2, \dots, M$; $f = 1, 2, \dots, F$) は、それぞれ T 個の遅延器9-1, 9-2, ..., 9- T 、及び10-1, 10-2, ..., 10- T に順次入力される。

【0065】

特定量の遅延を受けたこれら2つの信号は、積算器11-1, 11-2, ..., 11- $(2T+1)$ により掛け合わされ、さらに低域通過フィルタ12-1, 12-2, ..., 12- $(2T+1)$ に入力され、重み付き時間平均され、その結果が f 番目の周波数帯域の m 番目と n 番目のマイクロホン2- m 及び2- n からの帯域別信号の各時間後とに $2T+1$ 個の値からなる相互相関関数 $r(m, n, f; t; d)$ ($t = 1, 2, \dots, T$; $d = -T-t+1, \dots, T$) として出力される。

【0066】

遅延器の個数 T は、 m 番目と n 番目の各マイクロホン2- m , 2- n 間の距離を $D(m, n)$ 、信号の速さを c とおいたとき、サンプリング周期を時間の単位とすれば、 $T \sim D(m, n) / c$ となるように選ばれる。後の過程における処理を単純化するなどの目的のために、 T より多くの遅延器を設けてもよい。但し、その場合はマイクロホン間の距離 $D(m, n)$ を信号が進む時間 $D(m, n) / c$ より長い遅延を与えることになり、物理的には冗長である。

【0067】

次いで、信号源方向又は位置推定部 7 の内部構成及び動作特性について説明する。但し、後述するようにマイクロホンの個数 M が 2 の場合と 3 以上の場合とでは内部構成と動作は相違する。

【 0 0 6 8 】

図 4 には、マイクロホンの個数 M が 2 の場合における信号源方向又は位置推定部 7 の内部構成を図解している。

【 0 0 6 9 】

同図に示す場合、2つの異なるマイクロホンの組は参照番号 1-1 と 1-2 のマイクロホンによる一組だけであるので、信号源方向又は位置推定部 7 への入力 は F 個の相互相関関数 $r(1, 2, f; t; d)$ ($f = 1, 2, \dots, F$) である。これらの相互相関関数は、規格化計算部 13 により周波数帯域ごとに規格化され、規格化相互相関関数 $r_n(1, 2, f; t; d)$ ($f = 1, 2, \dots, F$) として出力される。

【 0 0 7 0 】

規格化相互相関関数 $r_n(1, 2, f; t; d)$ は、相互相関関数 $r(1, 2, f; t; d)$ の遅延時間 d に関して最大値又は分散などの値を求め、これらの値によりその相互相関関数 $r(1, 2, f; t; d)$ を割り算して計算することができる。

【 0 0 7 1 】

次いで、規格化相互相関関数 $r_n(1, 2, f; t; d)$ ($f = 1, 2, \dots, F$) は、加算部 14 に入力され、それらのフィルタの番号 f について加算した値が加算相互相関関数 $R(1, 2; t; d)$ として出力される。

【 0 0 7 2 】

この加算においては、通常はすべてのフィルタ番号について加算することが望ましい。あるいは、事前に信号や雑音が含まれる周波数帯域が知られている場合には、信号が含まれる若しくは雑音が含まれない、一部の複数の周波数帯域に対応する番号についてのみ加算してもよいし、あるいは信号による成分を強調して雑音による成分を抑制するように重み付き加算してもよい。

【 0 0 7 3 】

次いで、加算相互相関関数 $R(1, 2; t; d)$ は、極大検出部 15 に入力され、遅延時間 d に関して極大値を与える遅延時間 $d(1, 2; 1)$, $d(1, 2; 2)$, ... が検出され、出力される。

【0074】

この極大検出においては、信号源に対応しない意味のない極大を検出することを抑制するため、あらかじめ設定されるか、あるいは加算相互相関関数 $R(1, 2; t; d)$ の、平均や分散などの統計的数値によって設定される閾値に、その極大値が達している、あるいはその閾値を越えていることを条件として、極大の検出を行うようにしてもよい。

【0075】

次いで、上記の遅延時間 $d(1, 2; 1)$, $d(1, 2; 2)$, ... は信号源方向又は位置推定部 16 に入力され、それぞれの遅延時間に対応する信号源の方向 θ_1 , θ_2 , ... が以下の式により計算され、出力される。

【0076】

【数1】

$$\theta_i = \arcsin [c \cdot d(1, 2; i) / D(1, 2)] \quad (i = 1, 2, \dots)$$

【0077】

図5には、信号源方向推定に用いられる上式【数1】を図解している。但し、2つのマイクロホン2-1と2-2と信号源1-iを通る平面内で説明する。

【0078】

マイクロホンが2つの場合、信号源の位置を遅延時間 $d(1, 2; i)$ から推定することは数学的に不可能であり、その方向を推定することだけができる。この場合、信号源は2つのマイクロホン間の距離 $D(1, 2)$ に比べて十分に離れた位置にあり、信号は平面波で記述されるものと近似される。

【0079】

図5に示すようなマイクロホン2-1と2-2の作る直線に垂直な方向を基準として信号源1-iが θ_i の方向にあるものとする。このとき、 θ_i の符号は信号源がマイクロホン2-1側にある場合を正方向、マイクロホン2-2側にある場

合を負方向と定義する。したがって、図5に示す例では $\theta_i > 0$ である。

【0080】

図5に示す例では、信号の速さを c と置くと、信号源 $1-i$ からの信号は、マイクロホン $2-1$ に先に到達し、マイクロホン $2-2$ には $D(1, 2) \sin \theta_i / c$ だけ遅れて到達する。

【0081】

したがって、マイクロホン $2-1$ 及び $2-2$ によって受信した信号 $x(1; t)$ 及び $x(2; t)$ のうち信号源 $1-i$ に由来する成分をそれぞれ $x_s(1, i; t)$ 及び $x_s(2, i; t)$ と定義すると、時間遅れに着目し振幅の違いを無視すると、以下の式が成立する。

【0082】

【数2】

$$x_s(1, i; t) \sim x_s(2, i; t + D(1, 2) \sin \theta_i / c)$$

【0083】

加算相互相関関数 $R(1, 2; t; d)$ の極大として検出された遅延時間 $d(1, 2; i)$ が信号源 $1-i$ に対応するものとするれば、

【0084】

【数3】

$$d(1, 2; i) = D(1, 2) \sin \theta_i / c$$

【0085】

となるから、これを変形して上式【数1】を得ることができる。

【0086】

なお、雑音による影響やサンプリングによる影響のため $c \cdot d(1, 2; i) / D(1, 2)$ の絶対値 $|c \cdot d(1, 2; i) / D(1, 2)|$ が1を越え、その \arcsin が実数の範囲内では求められない事態が起こり得る。この場合は、 $d(1, 2; i)$ が正のとき、 $\theta_i = \pi / 2 = 90^\circ$ 、 $d(1, 2; i)$ が負

のとき $\theta_i = -\pi/2 = -90^\circ$ と推定して差し支えない。

【0087】

次に、マイクロホンの個数 M が 3 以上の場合について、信号源方向又は位置推定部 7 の内部構成及び動作について、図 6 を参照しながら説明する。

【0088】

マイクロホンの個数が 2 の場合（図 4 を参照のこと）と同様に、相互相関関数 $r(m, n, f; t; d)$ ($m=1, 2, \dots, M-1; n=m+1, m+2, \dots, M; f=1, 2, \dots, F$) は規格化計算部 13 に入力され、周波数帯域ごとに規格化され、規格化相互相関関数 $r_n(m, n, f; t; d)$ ($m=1, 2, \dots, M-1; n=m+1, m+2, \dots, M; f=1, 2, \dots, F$) として出力される。

【0089】

規格化相互相関関数 $r_n(m, n, f; t; d)$ は、相互相関関数 $r(m, n, f; t; d)$ の遅延時間 d に関して最大値又は分散等の値を求め、これらの値によりその相互相関関数 $r(m, n, f; t; d)$ を割り算して計算する。

【0090】

次いで、規格化相互相関関数 $r_n(m, n, f; t; d)$ ($m=1, 2, \dots, M-1; n=m+1, m+2, \dots, M; f=1, 2, \dots, F$) は、加算部 14 に入力され、それらをフィルタの参照番号 f について加算した値が加算相互相関関数 $R(m, n; t; d)$ ($m=1, 2, \dots, M; n=m+1, m+2, \dots, M$) として出力される。

【0091】

加算部 14 での加算においては、通常は、すべてのフィルタ番号について加算することが望ましい。あるいは、事前に信号や雑音が含まれる周波数帯域が知られている場合には、信号が含まれる若しくは雑音が含まれない、一部の複数の周波数帯域に対応する番号についてのみ加算してもよいし、あるいは信号による成分を強調し雑音による成分を抑制するように重み付き加算してもよい。

【0092】

次いで、加算相互相関関数 $R(m, n; t; d)$ ($m=1, 2, \dots, M; n=$

$m+1, m+2, \dots, M)$ は、極大検出部 15 に入力され、遅延時間 d に関して極大値を与える遅延時間 $d(m, n; 1), d(m, n; 2), \dots (m=1, 2, \dots, M; n=m+1, m+2, \dots, M)$ が検出され、出力される。

【0093】

この極大検出においては、信号源に対応しない意味のない極大を検出することを抑制するため、あらかじめ設定される、あるいは加算相互相関関数 $R(m, n; t; d)$ の平均や分散などの統計的数値によって設定される閾値を、その極大値が達しているあるいは越えていることを条件として、極大値の検出を行うようにしてもよい。

【0094】

次いで、上記の遅延時間 $d(m, n; i) (m=1, 2, \dots, M-1; n=m+1, m+2, \dots, M; i=1, 2, \dots)$ は、信号源位置推定部 17 に入力され、それぞれの遅延時間に対応する信号源の $S(1) = (S_x(1), S_y(1), S_z(1))$, $S(2) = (S_x(2), S_y(2), S_z(2))$, ... が計算され、出力される。

【0095】

図 7 には、信号源位置推定部 17 の内部構成を示している。

【0096】

上記の遅延時間 $d(m, n; i) (m=1, 2, \dots, M-1; n=m+1, m+2, \dots, M; i=1, 2, \dots)$ は、遅延時間分析部 18 に入力され、推定される信号源ごとに集合 $E(k) = \{d(m_1, m_2; k), d(m_1, m_3; k), \dots, d(m_2, m_3; k), \dots, d(m_i, m_j; k)\} (k=1, 2, \dots)$ に分類される。

【0097】

このとき、遅延時間 $d(m, n; i)$ の異なる遅延時間を区別する番号 i を適宜入れ替え、異なる上記推定される信号源を区別する番号 k に一致するようにした。この分類は、ある 1 つの信号源に対応する集合 $E(k)$ から、相異なる 3 つのマイクロホンの組 (n_1, n_2, n_3) (但し、 $n_1 < n_2 < n_3$ とする) の要素から作られる 3 つの相異なる 2 つのマイクロホンの組 $(n_1, n_2), (n_1, n_3)$

, (n_2, n_3) の受信信号間の遅延時間 $d(n_1, n_2; k)$, $d(n_1, n_3; k)$, $d(n_2, n_3; k)$ を任意に選んだときに、次の条件式が満たされるように行われる。

【0098】

【数4】

$$|d(n_1, n_2; k) + d(n_2, n_3; k) - d(n_1, n_3; k)| < \varepsilon$$

【0099】

ここで、 $|a|$ は a の絶対値を表し、 ε は 1, 2, 3 程度の小さな数に選ばれる。

【0100】

上記の分類を行うには、例えば、すべての相異なるマイクロホンの番号の組 (n_1, n_2, n_3) ($1 \leq n_1 < n_2 < n_3 \leq M$) について、上式【数4】を満たす遅延時間の組を順次探索し、さらに、共通する遅延時間を含む組を併合して、その共通する遅延時間を取り除く手順を繰り返せばよい。

【0101】

図8には、上式【数4】を説明するための図を示している。

【0102】

信号源 $1-k$ が $S(k)$ に位置するものとし、そこから発生する信号が、位置 Mn_1, Mn_2, Mn_3 にそれぞれ位置するマイクロホン $2-n_1, 2-n_2, 2-n_3$ の各々に到達すると、これらに要する時間はそれぞれ、 $t_{n_1}(k) = |S(k) - Mn_1|/c$, $t_{n_2}(k) = |S(k) - Mn_2|/c$, $t_{n_3}(k) = |S(k) - Mn_3|/c$, となる。ここで、 $|A|$ は、ベクトル A の大きさである。

【0103】

遅延時間 $d(n_i, n_j; k)$ ($n_i, n_j = n_1, n_2, n_3$) は、 $d(n_i, n_j; k) = t_{n_j}(k) - t_{n_i}(k)$ となる。これを上式【数4】の左辺に代入すると0になることが分かる。

【0104】

遅延時間 $d(n_i, n_j; k)$ ($n_i, n_j = n_1, n_2, n_3$) の推定において、

雑音による影響やサンプリングによる影響のために生じる誤差により、上式〔数4〕の左辺の値が厳密には0にならない場合があることを考慮して、ある小さな値 ε よりも小さければ、同一の信号源 k によるものであると判定することにしたものが〔数4〕である。

【0105】

次に、上記の信号源ごとに分類された遅延時間の集合 $E(k)$ ($k=1, 2, \dots$) は、信号源位置計算部19に入力され、信号源の位置 $S(k) = (S_x(k), S_y(k), S_z(k))$ ($k=1, 2, \dots$) が計算され、出力される。

【0106】

信号源位置の計算方法の1つは、 i 番目のマイクロホン $1-i$ の位置を $M_i = (M_{x_i}, M_{y_i}, M_{z_i})$ とおいて、 $E(k)$ の各要素 $d(m_i, m_j; k)$ について、それぞれ $[|M_{m_j} - S(k)|/c - |M_{m_i} - S(k)|/c - d(m_i, m_j; k)]$ の2乗を計算して、これらをすべて足し合わせた量を最小化する $S(k)$ を求めることである。

【0107】

次いで、このような信号源位置の計算方法により $S(k)$ が正しく計算される理由について説明する。

【0108】

信号源 $1-k$ からの信号が、マイクロホン $2-m_i, 2-m_j$ の各々に到達するのに、それぞれ $t_{m_i}(k), t_{m_j}(k)$ だけの時間を要するとすると、 $t_{m_i}(k) = |M_{m_i} - S(k)|/c, t_{m_j}(k) = |M_{m_j} - S(k)|/c$ である。

【0109】

マイクロホン $2-m_i, 2-m_j$ 間の遅延時間 $d(m_i, m_j; k)$ は、雑音による影響やサンプリングによる影響のために生じる誤差がなければ、 $d(m_i, m_j; k) = t_{m_j}(k) - t_{m_i}(k) = |M_{m_j} - S(k)|/c - |M_{m_i} - S(k)|/c$ となる。

【0110】

雑音による影響やサンプリングによる影響のために生じる誤差を考慮して、

このような誤差の 2 乗をすべての $E(k)$ の要素である遅延時間に関して足し合わせた量を $S(k)$ に関して最小化すれば、最小自乗誤差基準に基づいて最適な $S(k)$ の推定値が得られる。

【0 1 1 1】

なお、上述した信号源位置推定において、マイクロホンの個数 M が 3 の場合、空間的に任意の位置に存在する信号源の位置を推定することは数学的に不可能である。このため、信号源が存在する平面を仮定して、これを信号源の位置に関する拘束条件として位置を推定すればよい。この場合、計算が正しく行われるためには、この信号源が存在すると仮定する平面は、3 つのマイクロホンがその上に存在する平面に対して垂直に交じらないものを選ぶ必要があり、例えば、3 つのマイクロホンがその上に存在する平面を選べばよい。

【0 1 1 2】

【第 2 の実施例】

図 9 には、本発明の第 2 の実施例に係る信号処理装置の構成を模式的に示している。

【0 1 1 3】

同図に示すように、この信号処理装置は、1 以上の信号源 1-1, 1-2... から発生する信号を受信する複数 (M 個) のマイクロホン 2-1, 2-2, ..., 2-M と、各マイクロホン 2-1... の受信信号を増幅する増幅器 3-1, 3-2, ..., 3-M と、各増幅信号をデジタル変換する A/D 変換器 4-1, 4-2, ..., 4-M と、帯域通過フィルタ・バンク 5-1, 5-2, ..., 5-M とからなる複数 (M 系統) の受信系統と、対応する周波数帯域ごとに受信系統の組み合わせごとに周波数帯域別信号間の相互相関関数を計算する相互相関関数計算部 6 と、信号源からの信号を強調する信号強調部 20 とで構成される。

【0 1 1 4】

マイクロホン 2-1, 2-2, ..., 2-M でそれぞれ受信され、増幅器 3-1, 3-2, ..., 3-M でそれぞれ増幅された受信信号は、A/D 変換器 4-1, 4-2, ..., 4-M によりデジタル変換されて、デジタル受信信号 $x(m; t)$ を得る。ここで、 $m (=1, 2, \dots, M)$ は、マイクロホンを識別するための参

照番号であり、また、 t ($= 1, 2, \dots$) は信号が劣化しないように選ばれたサンプリング周期を単位とする時刻である。

【0115】

次いで、デジタル変換された各受信信号 $x(m, t)$ は、それぞれ対応する帯域通過フィルタ・バンク部 5-m ($m=1, 2, \dots, M$) に入力される。帯域通過フィルタ・バンク部 5-m は、それぞれ複数の帯域通過フィルタで構成されて、増幅及びデジタル変換された受信信号を複数の周波数帯域別信号に分解することができる。ここでは、 F (> 1) 個の帯域別信号 $x(m, 1; t)$, $x(m, 2; t)$, \dots , $x(m, F; t)$ に分解されて出力されるものとする。 F は、各フィルタ・バンク部のバンク数である。

【0116】

次いで、 $M \times F$ 個の帯域別信号 $x(m, f; t)$ ($m=1, 2, \dots, M; f=1, 2, \dots, F$) は相互相関関数計算部 6 に入力される。相互相関関数計算部 6 では、異なる 2 つのマイクロホンの組み合わせ (m, n) ごとに、対応する周波数帯域別の相互相関関数 $r(m, n, f; t; d)$ ($m=1, 2, \dots, M-1; n=m+1, m+2, \dots, M; f=1, 2, \dots, F; d=-T, -T+1, \dots, T$) を計算して出力する。ここで、 d ($=-T, -T+1, \dots, T$) は、 $x(n, f; t)$ を基準として $x(m, f, t)$ を遅延させたと考える遅延時間であり、 T は【006】で既に説明したように、マイクロホンの間隔と信号の速さとサンプリング周期から定める最大遅延時間である。

【0117】

次いで、算出された $M \times (M-1) \times F/2$ 個の帯域別相互相関関数 $r(m, n, f; t; d)$ ($m=1, 2, \dots, M-1; n=m+1, m+2, \dots, M; t=1, 2, \dots; d=-T, -T+1, \dots, T$) は信号強調部 20 に入力されて、1 つあるいは複数の信号源ごとの信号が強調されて出力される。

【0118】

図 9 において、図 1 と同じ参照番号が付された各機能モジュールは略同一の内部構成及び動作特性を備えているので、ここでは説明を省略する。以下では、信号強調部 20 について、その内部構成と動作特性について説明する。但し、マイ

クロホンの個数 M が2の場合と3以上の場合とでは内部構成と動作は相違する。

【0119】

図10には、マイクロホンの個数 M が2の場合における信号強調部20の内部構成を図解している。

【0120】

同図に示す場合、2つの異なるマイクロホンの組は参照番号1-1と1-2のマイクロホンによる一組だけであるので、信号源方向又は位置推定部7への入力 F 個の相互相関関数 $r(1, 2, f; t; d)$ ($f=1, 2, \dots, F$)である。これらの相互相関関数は、規格化計算部13により周波数帯域ごとに規格化され、規格化相互相関関数 $r_n(1, 2, f; t; d)$ ($f=1, 2, \dots, F$)として出力される。

【0121】

規格化相互相関関数 $r_n(1, 2, f; t; d)$ は、相互相関関数 $r(1, 2, f; t; d)$ の遅延時間 d に関して最大値又は分散などの値を求め、これらの値によりその相互相関関数 $r(1, 2, f; t; d)$ を割り算して計算することができる。

【0122】

次いで、規格化相互相関関数 $r_n(1, 2, f; t; d)$ ($f=1, 2, \dots, F$)は、加算部14に入力され、それらのフィルタの番号 f について加算した値が加算相互相関関数 $R(1, 2; t; d)$ として出力される。

【0123】

この加算においては、通常はすべてのフィルタ番号について加算することが望ましい。あるいは、事前に信号や雑音が含まれる周波数帯域が知られている場合には、信号が含まれる若しくは雑音が含まれない、一部の複数の周波数帯域に対応する番号についてのみ加算してもよいし、あるいは信号による成分を強調して雑音による成分を抑制するように重み付き加算してもよい。

【0124】

次いで、加算相互相関関数 $R(1, 2; t; d)$ は、極大検出部15に入力され、遅延時間 d に関して極大値を与える遅延時間 $d(1, 2; 1)$, $d(1, 2$

; 2), ... が検出され、出力される。

【0125】

この極大検出においては、信号源に対応しない意味のない極大を検出することを抑制するため、あらかじめ設定されるか、あるいは加算相互相関関数 $R(1, 2; t; d)$ の、平均や分散などの統計的数値によって設定される閾値に、その極大値が達している、あるいはその閾値を越えていることを条件として、極大の検出を行うようにしてもよい。

【0126】

極大検出部 15 で検出された、遅延時間 $d(1, 2; 1)$, $d(1, 2; 2)$, ... と、帯域通過フィルタ・バンク部 5-1, 5-2 で分解された帯域別信号 $x(m, f; t)$ ($m=1, 2, \dots, F$) とは、強調信号生成部 21 に入力され、強調信号 $y(1; t)$, $y(2; t)$, ... が、遅延器と加算器を用いた遅延加算により計算されて出力される。

【0127】

上記の強調信号 $y(i; t)$ ($i=1, 2, \dots$) は、例えば、図示しない遅延器により遅延時間 $d(1, 2; k)$ に応じて、帯域別信号 $x(m, f; t)$ ($m=1, 2; f=1, 2, \dots, F$) をそれぞれ $x(1, f; t-T/2-d(1, 2; i)/2)$, $x(2, f; t-T/2+d(1, 2; i)/2)$ のように遅延し、さらに、図示しない加算器により、以下の加算を計算すればよい。すなわち、

【0128】

【数 5】

$$y(i; t) = \sum f [x(1, f; t-T/2-d(1, 2; i)/2) + x(2, f; t-T/2+d(1, 2; i)/2)]$$

但し、 $\sum f$ は、フィルタの番号 $f=1, 2, \dots, F$ に関する和である。

【0129】

上記の加算においては、遅延させた帯域別信号 $x(m, f; t)$ ($m=1, 2; f=1, 2, \dots, F$) を、同じ重みで加算しているが、例えば $d(1, 2; i$

) や $r(1, 2, f; t; d(1, 2; i))$ の値に応じて適当な重みを乗じて加算したりしてもよい。

【0 1 3 0】

また、図 1 1 には、マイクロホンの個数 M が 3 以上の場合における信号強調部 2 0 の内部構成を図解している。

【0 1 3 1】

マイクロホンの個数が 2 の場合 (図 1 0 を参照のこと) と同様に、相互相関関数 $r(m, n, f; t; d)$ ($m=1, 2, \dots, M-1; n=m+1, m+2, \dots, M; f=1, 2, \dots, F$) は規格化計算部 1 3 に入力され、周波数帯域ごとに規格化され、規格化相互相関関数 $r_n(m, n, f; t; d)$ ($m=1, 2, \dots, M-1; n=m+1, m+2, \dots, M; f=1, 2, \dots, F$) として出力される。

【0 1 3 2】

規格化相互相関関数 $r_n(m, n, f; t; d)$ は、相互相関関数 $r(m, n, f; t; d)$ の遅延時間 d に関して最大値又は分散等の値を求め、これらの値によりその相互相関関数 $r(m, n, f; t; d)$ を割り算して計算する。

【0 1 3 3】

次いで、規格化相互相関関数 $r_n(m, n, f; t; d)$ ($m=1, 2, \dots, M-1; n=m+1, m+2, \dots, M; f=1, 2, \dots, F$) は、加算部 1 4 に入力され、それらをフィルタの参照番号 f について加算した値が加算相互相関関数 $R(m, n; t; d)$ ($m=1, 2, \dots, M; n=m+1, m+2, \dots, M$) として出力される。

【0 1 3 4】

加算部 1 4 での加算においては、通常は、すべてのフィルタ番号について加算することが望ましい。例えば、事前に信号や雑音が含まれる周波数帯域が知られている場合には、信号が含まれる若しくは雑音が含まれない、一部の複数の周波数帯域に対応する番号についてのみ加算してもよいし、あるいは信号による成分を強調し雑音による成分を抑制するように重み付き加算してもよい。

【0 1 3 5】

次いで、加算相互相関関数 $R(m, n; t; d)$ ($m=1, 2, \dots, M; n=m+1, m+2, \dots, M$) は、極大検出部 15 に入力され、遅延時間 d に関して極大値を与える遅延時間 $d(m, n; 1), d(m, n; 2), \dots (m=1, 2, \dots, M; n=m+1, m+2, \dots, M)$ が検出され、出力される。

【0136】

この極大検出においては、信号源に対応しない意味のない極大を検出することを抑制するため、あらかじめ設定される、あるいは加算相互相関関数 $R(m, n; t; d)$ の平均や分散などの統計的数値によって設定される閾値を、その極大値が達しているあるいは越えていることを条件として、極大値の検出を行うようにしてもよい。

【0137】

極大検出部 15 で検出された遅延時間 $d(1, 2; 1), d(1, 2; 2), \dots$ と、帯域通過フィルタ・バンク部 5-1, 5-2, $\dots, 5-M$ で分解された帯域別信号 $x(m, t; f)$ ($m=1, 2, \dots, M; f=1, 2, \dots, F$) とは、強調信号生成部 22 に入力され、強調信号 $y(1; t), y(2; t), \dots$ が、置換器と加算器を用いた遅延加算により計算されて出力される。

【0138】

図 12 には、この強調信号生成部 22 の内部構成を図解している。

【0139】

上記の遅延時間 $d(m, n; i)$ ($m=1, 2, \dots, M-1; n=m+1, m+2, \dots, M; i=1, 2, \dots$) は、遅延時間分析部 18 に入力され、推定される信号源ごとに集合 $E(k) = d(m_1, m_2; k), d(m_1, m_3; k), \dots, d(m_2, m_3; k), \dots, d(m_i, m_j; k)$ ($k=1, 2, \dots$) に分類される。

【0140】

このとき、遅延時間 $d(m, n; i)$ の異なる遅延時間を区別する番号 i を適宜入れ替え、異なる上記推定される信号源を区別する番号 k に一致するようにした。この分類は、ある 1 つの信号源に対応する集合 $E(k)$ から、相異なる 3 つのマイクロホンの組 (n_1, n_2, n_3) (但し、 $n_1 < n_2 < n_3$ とする) の要素か

ら作られる3つの相異なる2つのマイクロホンの組 (n_1, n_2) , (n_1, n_3) , (n_2, n_3) の受信信号間の遅延時間 $d(n_1, n_2; k)$, $d(n_1, n_3; k)$, $d(n_2, n_3; k)$ を任意に選んだときに、上述した条件式 [数4] が満たされるように行われる。

【0141】

次いで、信号源ごとに分類された遅延時間の集合 $E(k)$ ($k=1, 2, \dots$) と、各帯域通過フィルタ・バンク部 5-1, 5-2, \dots , 5-M で分解された帯域別信号 $x(m, f; t)$ ($m=1, 2, \dots, M; f=1, 2, \dots, F$) とは、強調信号計算部 22 に入力され、強調信号 $y(1; t)$, $y(2; t)$, \dots が計算され、出力される。

【0142】

図13には、この強調信号計算の方法の一例を図解している。同図に示す例では、 $E(k) = \{d(m_1, m_2; k), d(m_2, m_3; k), d(m_2, m_4; k), d(m_3, m_4; k)\}$ ($m_1 < m_2 < m_3 < m_4$) である。このとき、マイクロホン $2-m_i$ の番号 m_i を頂点 m_i に割り当て、異なる2つのマイクロホン番号 $i < j$ に対して、 $d(i, j; k)$ が $E(k)$ の要素であれば、 i を始点とし、 j を終点とする有向線分を表す矢印を描いたものが、図13に示すグラフである。

【0143】

第1の実施例において説明した信号源ごとに分類された遅延時間の集合 $E(k)$ ($k=1, 2, \dots$) を求める手続に従えば、グラフは必ず連結したもの、すなわちグラフの任意の2つの頂点はいくつかの有向成分により繋がったものになる。

【0144】

頂点を1つ選び（図示の例では m_1 を選択したものとする）、各頂点 m_i ($i=1, 2, 3, 4$) に対して、遅延量 $z_{m_i}(k)$ を次のように計算する。

【0145】

すなわち、 m_1 から有向線分 $d(i, j; k)$ をたどって、 m_i に至る経路を1つ選び、その経路に従って $d(i, j; k)$ の値を加算する。この加算の際、経路を進む向きと有向線分の向きが同じであれば -1 を、反対であれば $+1$ を重み

として乗じて加算を行う。図示の例では、以下に示す式の通りとなる。すなわち

【0 1 4 6】

【数 6】

$$z m_1 (k) = 0$$

$$z m_2 (k) = -d (m_1, m_2; k)$$

$$z m_3 (k) = -d (m_1, m_3; k)$$

$$z m_4 (k) = -d (m_1, m_2; k) - d (m_2, m_4; k)$$

【0 1 4 7】

上述の遅延量 $z m_i (k)$ の計算においては、1つの経路を選んで計算を行っているが、複数の経路について計算を行い、それらの平均を適当に計算して、これを遅延量 $z m_i (k)$ として用いてもよい。

【0 1 4 8】

次いで、 $z m_i (k)$ が正又は0になるように、すべての $z m_i (k)$ に等しくある数 $Z (k)$ を加えたものを改めて $z m_i (k)$ とする。図示の場合、

【0 1 4 9】

【数 7】

$$z m_1 (k) = Z (k)$$

$$z m_2 (k) = Z (k) - d (m_1, m_2; k)$$

$$z m_3 (k) = Z (k) - d (m_1, m_3; k)$$

$$z m_4 (k) = Z (k) - d (m_1, m_2; k) - d (m_2, m_4; k)$$

【0 1 5 0】

最後に、これらの遅延量を用いて、図示しない遅延器により $x (m_i, f; t)$ をそれぞれ遅延し、さらに図示しない加算器により、

【0 1 5 1】

【数 8】

$$y(k; t) = \sum_f [| x(m_1, f; t - z m_1(k)) \\ + x(m_2, f; t - z m_2(k)) + x(m_3, f; t - z m_3(k)) \\ + x(m_4, f; t - z m_4(k)) |]$$

但し、 $\sum f$ はフィルタの番号 $f = 1, 2, \dots, F$ に関する和を表す。

【0152】

と加算され、遅延加算された強調信号 $y(k; t)$ が計算される。

【0153】

上記の遅延加算により、信号源 $1-k$ からの信号がマイクロホン $2-m_1, 2-m_2, 2-m_3, 2-m_4$ に到達するのに要する時間の差が、遅延量 $z m_1(k), z m_2(k), z m_3(k), z m_4(k)$ による遅延により補償され、同時刻に発せられた信号として加算されることは、その計算方法から明らかである。

【0154】

また、上記の強調信号計算方法の他の例では、第1の実施例において説明したものと同様の方法により、信号源位置推定法により各信号源の位置 $S(k)$ ($k = 1, 2, \dots$) を推定し、この推定信号源位置 $S(k)$ と各マイクロホンの位置 M_i ($i = 1, 2, \dots, M$) とから計算される遅延時間 $z_i(k) = |S(k) - M_i|/c$ を用いて、帯域通過フィルタ・バンク部 $5-1, 5-2, \dots, 5-M$ で分解された帯域別信号 $x(m, f; t)$ ($m = 1, 2, \dots, M; f = 1, 2, \dots, F$) を、以下の計算式に従い、遅延加算により強調信号 $y(k; t)$ を計算することができる。すなわち、

【0155】

【数 9】

$$y(k; t) = \sum_f \sum_m x(m, f; t - (Z - z m(k)))$$

但し、 Z は遅延量が負にならないように定めるためのある定数であり、 $\sum f$ はフィルタ番号 f に関する和であり、 $\sum m$ はマイクロホン番号 m に関する和である。

【0156】

上記の2通りの強調信号計算の方法における遅延加算においては、加算される遅延させた帯域別信号 $x(m, f; t)$ ($m=1, 2, \dots, M; f=1, 2, \dots, F$)を、すべて同じ重みで加算しているが、例えば $d(m_i, m_j; k)$ の値に応じて適当な重みを乗じて計算したり、あるいは $r(m_i, m_j, f; ; t; d(m_i, m_j; k))$ の値に応じて適当な重みを乗じて加算したりしてもよい。

【0157】

以下では、本実施例に係る信号源方向又は位置推定装置、並びに信号強調装置の適用例を挙げておく。

【0158】

(適用例1)

信号源方向又は位置推定装置のTV会議システム、監視システムへの適用：

複数のマイクを含んだ信号源方向又は位置推定装置の出力をカメラ制御装置に接続する(図14を参照のこと)ことで、カメラを常時信号源に向けることができる。あるいは、カメラ制御装置に複数台のカメラが接続されている場合には、信号源方向又は位置推定装置の出力をモニタすべきカメラを逐次切り替えるようにしてもよい。または、信号源の位置推定とともに、信号源に向かってカメラをズームインさせるようにしてもよい。

【0159】

(適用例2)

信号強調装置の入力装置への適用：

本発明に係る信号強調装置を、コンピュータや携帯端末(PDA)などの情報処理装置におけるキーボードその他のユーザ入力装置の代替とすることができる。すなわち、複数のマイクを含んだ信号強調装置の出力を音声認識装置で音声認識処理することによって(図15を参照のこと)、情報処理装置に対するキャラクタ形式のコマンド入力とすることができる。また、音声ベースでのユーザインターフェースにすることもできる。

例えば、話者ごとの発言内容を記録装置に記録することによって議事録作成システムを構築することができる。

【0160】

(適用例3)

信号強調装置のコマンド／コントローラへの適用：

本発明に係る信号強調装置を、ロボット、自動車、コンピュータ、携帯端末（PDA）、各種の情報家電機器に対して、ユーザ操作を行うコマンド／コントローラとして適用することができる。すなわち、複数のマイクを含んだ信号強調装置の出力を音声認識装置で音声認識処理してキャラクタに変換し、さらに入力キャラクタをコマンド解析装置により解析処理することによって（図16を参照のこと）、ユーザのコマンド内容を特定することができる。

例えば、このようなコマンド／コントローラを介して、ロボットに対して「歩行」やその他の動作指示を行うことができる。また、コンピュータに対して、「ワープロ」と話しかけることにより、該当するアプリケーションを起動させたり、さらにキャラクタ入力を行うことができる。また、PDAのような個人情報を扱う携帯端末に対して、「今日の予定は？」と話しかけることによりスケジュール帳を起動して該当する日付や時刻の予定を引き出すことができる。また、電話に対して、「〇△さんに電話をかけて」と話しかけることにより、電話帳を検索して該当する人物に対して発呼することができる。また、情報家電に対して、「部屋の温度を上げて」とか「××を録画して」などの操作を指示することができる。また、カーナビゲーション・システムに対して「〇△宅まで行きたい」と話しかけることにより、道案内を起動することができる。

【0161】

(適用例4)

信号強調装置、並びに信号源方向又は位置推定装置のTV会議システムへの適用：

複数のマイクを含んだ信号強調装置の出力を音声認識装置に入力し、さらに音声入力結果を記録・表示装置に出力するとともに、複数のマイクを含んだ信号源方向又は位置推定装置による信号源の方向又は位置の推定結果を記録・表示装置に出力する（図17を参照のこと）。

【0162】

記録・表示装置では、何処の席にいる人がどのような発言を行ったかを逐次的に記録したり、現在発言中の人を特定して、カメラで追跡して画面表示したりすることができる。

【0163】

(適用例5)

スマート・アンテナへの適用：

複数のアンテナを含んだ信号方向又は位置推定装置の出力をアンテナ指向性制御装置に出力するとともに、このアンテナ指向性制御装置の制御指令を基にアンテナの位置や向きなどを調整することができる(図18を参照のこと)。このようなシステムによれば、アンテナの受信感度を自律的且つダイナミックに調整することができる。また、基地局などに配備することによって、携帯電話からの接続状況を向上させることができる。

【0164】

[追補]

以上、特定の実施例を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施例の修正や代用を成し得ることは自明である。

【0165】

上記の第1の実施例においては、相互相関関数から信号源の方向又は位置を推定する際に、また、第2の実施例においては、相互相関関数と周波数帯域別信号とから信号強調する際に、周波数帯域ごとに相互相関関数を規格化し、受信装置の組み合わせごとにこれらの規格化した相互相関関数を、すべてあるいは一部の複数の周波数帯域にわたって加算し、これらの加算された相互相関関数が極大となる遅延時間を受信装置の組み合わせごとに求め、これらを候補遅延時間としている。但し、上記の規格化を必ずしも必要とする訳ではなく、規格化を行わずに以降の処理を行ってもよい。また、相互相関関数をすべてあるいは一部の複数の周波数帯域にわたって加算することなく、それぞれの相互相関関数が極大となる遅延時間を、受信装置の組み合わせごとに求め、これらを候補遅延時間としてもよいし、あるいは複数の異なる周波数帯域を加算した、複数の加算された相互相

関関数が極大となる遅延時間を受信装置の組み合わせごとに求め、これらを候補遅延時間としてもよい。

【 0 1 6 6 】

また、上記の第 1 及び第 2 の各実施例においては、信号を音として、信号源は音源、受信装置はマイクロホンとしているが、信号は他のもの、例えば光、電磁波、水面波などであっても本発明を好適に適用することができる。また、これらの信号の場合は、信号源はそれぞれの信号を発する物又は装置であり、受信装置はそれぞれの信号を受信可能な装置を用いた構成とすればよい。

【 0 1 6 7 】

また、上記の第 1 及び第 2 の各実施例においては、デジタル信号処理技術を用いて実現しているが、信号源の種類、用いることのできるハードウェアなどの条件に応じて、その一部あるいは全部をアナログ信号処理技術や、計算機による処理技術によって置き換えることができることは言うまでもない。

【 0 1 6 8 】

要するに、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、限定的に解釈されるべきではない。本発明の要旨を判断するためには、冒頭に記載した特許請求の範囲の欄を参酌すべきである。

【 0 1 6 9 】

【発明の効果】

以上詳記したように、本発明によれば、存在する方向や位置があらかじめ知られていない 1 あるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置で受信した信号を用いて、信号源の方向又は位置を推定することができる、優れた信号源方向又は位置推定方法及び装置を提供することができる。

【 0 1 7 0 】

また、本発明によれば、存在する方向や位置があらかじめ知られていない 1 あるいは複数の信号源からの信号を、複数の受信装置で受信した信号を用いて強調することができる、優れた信号強調方法及び装置を提供することができる。

【 0 1 7 1 】

本発明によれば、1 あるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置で受信

した各受信信号を、複数の帯域通過フィルタによりそれぞれ複数の周波数帯域別信号に分解して、これら周波数帯域別信号間の相互相関関数を相当する周波数帯域ごとに受信装置の組合せごとに計算して、これらの相互相関関数を基に信号源の方向又は位置を推定するようにしたので、雑音の多い環境や複数の信号源が同時に信号を発生している場合においても信号源の方向又は位置を十分に推定することができる。

【 0 1 7 2 】

また、本発明では、1あるいは複数の信号源からの信号を複数の受信装置で受信した各受信信号を、複数の帯域通過フィルタによりそれぞれ複数の周波数帯域別信号に分解し、これら周波数帯域別信号間の相互相関関数を相当する周波数帯域ごとに受信装置の組合せごとに計算して、これらの相互相関関数を基に信号源の方向又は位置と受信装置の配置とによって定まる各受信装置ごとの遅延時間を推定し、この推定遅延時間を用いて各受信信号の周波数帯域別信号をそれぞれ遅延し、これらの遅延した周波数帯域別信号を加算して、信号源の信号を強調するようにしたので、雑音の多い環境や複数の信号源が同時に信号を発生しているような場合においても、1あるいは複数の信号源ごとの信号を強調することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施例に係る信号処理装置の構成を模式的に示したブロック図である。

【図 2】

帯域通過フィルタ・バンク部 5 - m の内部構成を示したブロック図である。

【図 3】

相互相関関数計算部 6 の内部構成を示したブロック図である。

【図 4】

マイクロホンの個数 M が 2 の場合における信号源方向又は位置推定部 7 の内部構成（第 1 の実施例）を示したブロック図である。

【図 5】

信号源方向推定に用いられる式〔数 1〕を解説するための図である。

【図 6】

マイクロホンの個数Mが 3 以上の場合における信号源方向又は位置推定部 7 の内部構成（第 1 の実施例）を示したブロック図である。

【図 7】

信号源位置推定部の内部構成を示したブロック図である。

【図 8】

〔数 4〕を説明するための図である。

【図 9】

本発明の第 2 の実施例に係る信号処理装置の構成を模式的に示したブロック図である。

【図 1 0】

マイクロホンの個数Mが 2 の場合における信号源方向又は信号強調部 2 0 の内部構成（第 2 の実施例）を示したブロック図である。

【図 1 1】

マイクロホンの個数Mが 3 以上の場合における信号強調部 2 0 の内部構成（第 2 の実施例）を示したブロック図である。

【図 1 2】

強調信号生成部 2 2 の内部構成を示したブロック図である。

【図 1 3】

強調信号計算の方法の一例を説明するための図である。

【図 1 4】

信号源方向又は位置推定装置を T V 会議システムや監視システムに適用した例を説明するための図である。

【図 1 5】

信号強調装置を入力装置に適用した例を説明するための図である。

【図 1 6】

信号強調装置をコマンド／コントローラに適用した例を説明するための図である。

【図 1 7】

信号源方向又は位置推定装置と信号強調装置をTV会議システムに適用した例を説明するための図である。

【図 1 8】

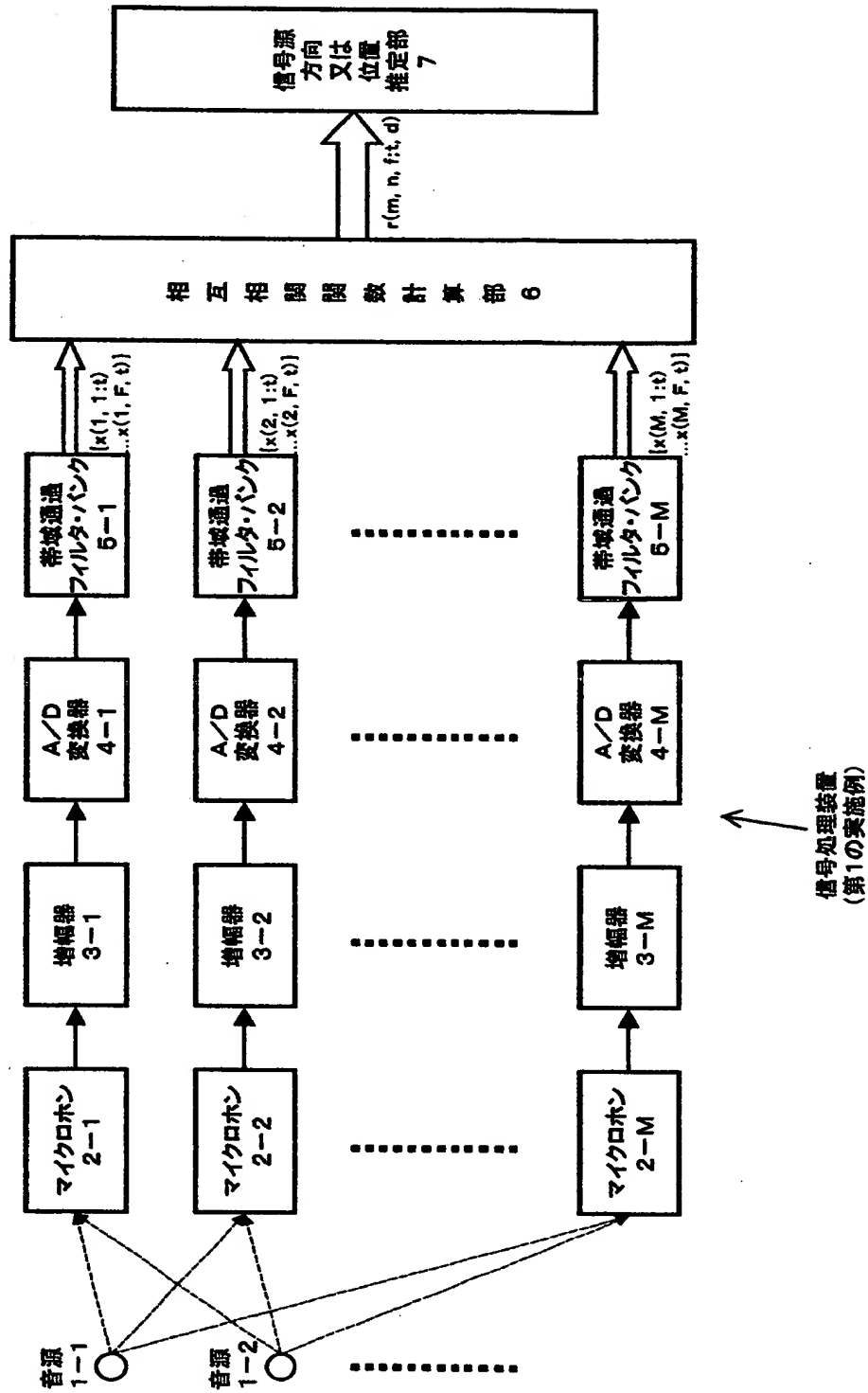
信号源方向または位置推定装置をスマート・アンテナに適用した例を説明するための図である。

【符号の説明】

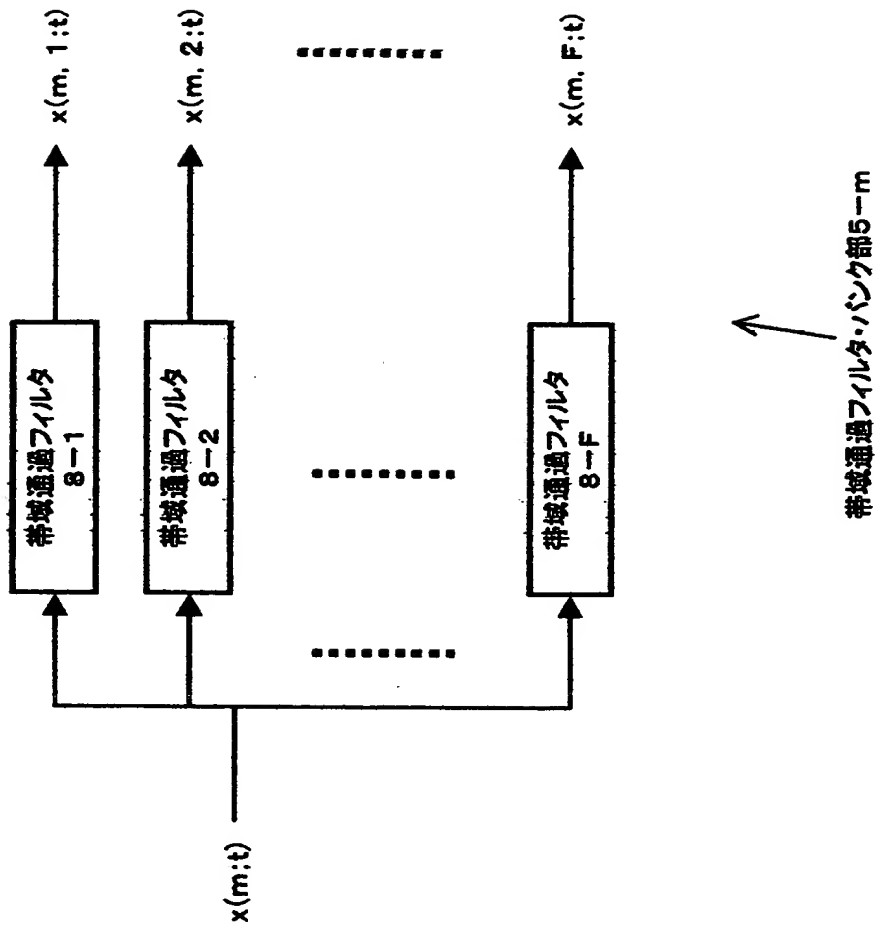
- 1 … 音源, 2 … マイクロホン
- 3 … 増幅器, 4 … A/D変換器
- 5 … 帯域通過フィルタ・バンク
- 6 … 相互相関関数計算部
- 7 … 信号源方向又は位置推定部
- 8 … 帯域通過フィルタ
- 9, 10 … 遅延器
- 11 … 積算器, 12 … 重み付き平均低域通過フィルタ
- 13 … 規格化計算部, 14 … 加算部
- 15 … 極大検出部, 16 … 信号源方向推定部
- 17 … 信号源位置推定部
- 18 … 遅延時間分析部, 19 … 信号源位置計算部
- 20 … 信号強調部
- 21, 22 … 強調信号生成部
- 23 … 強調信号計算部

【書類名】 図面

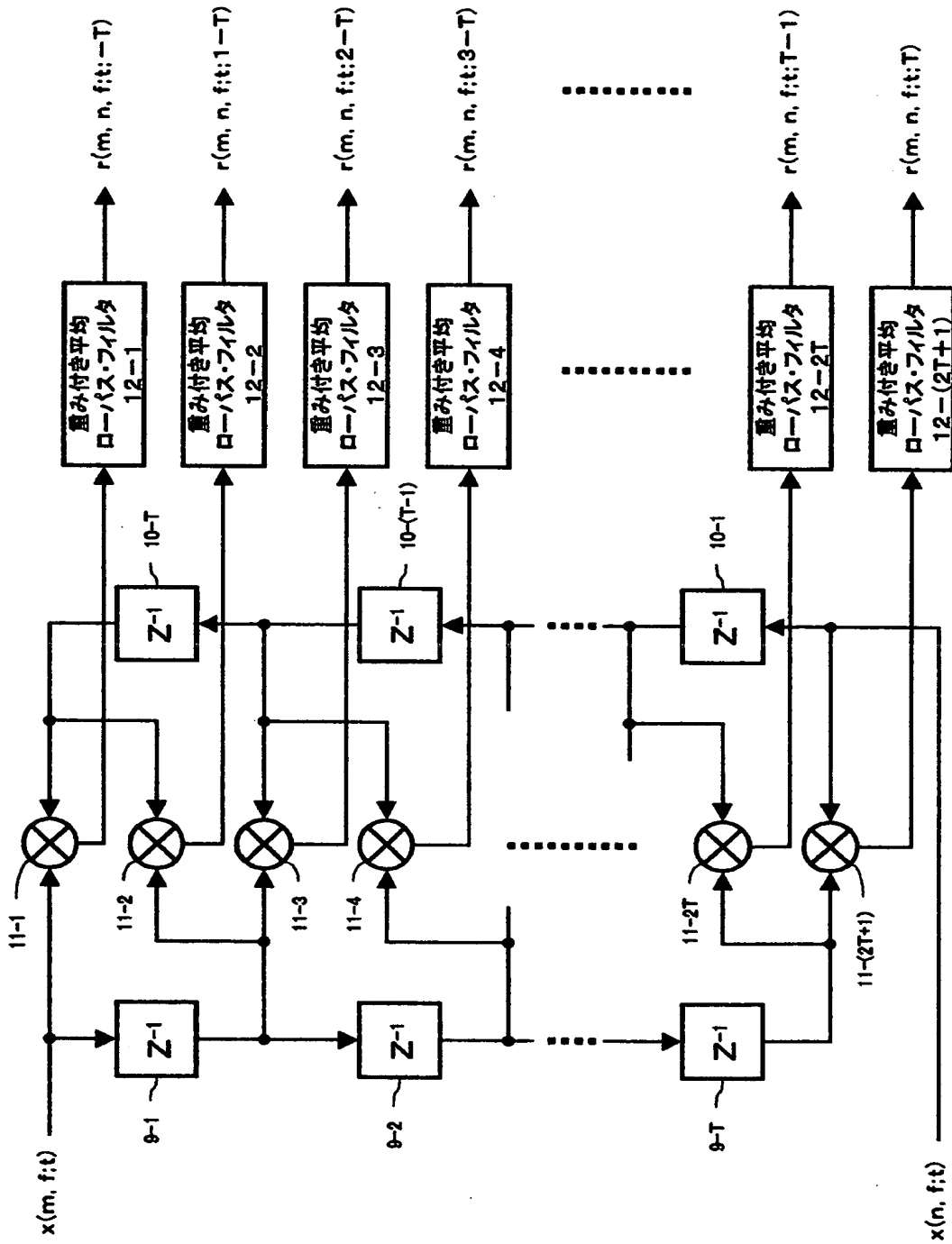
【図 1】



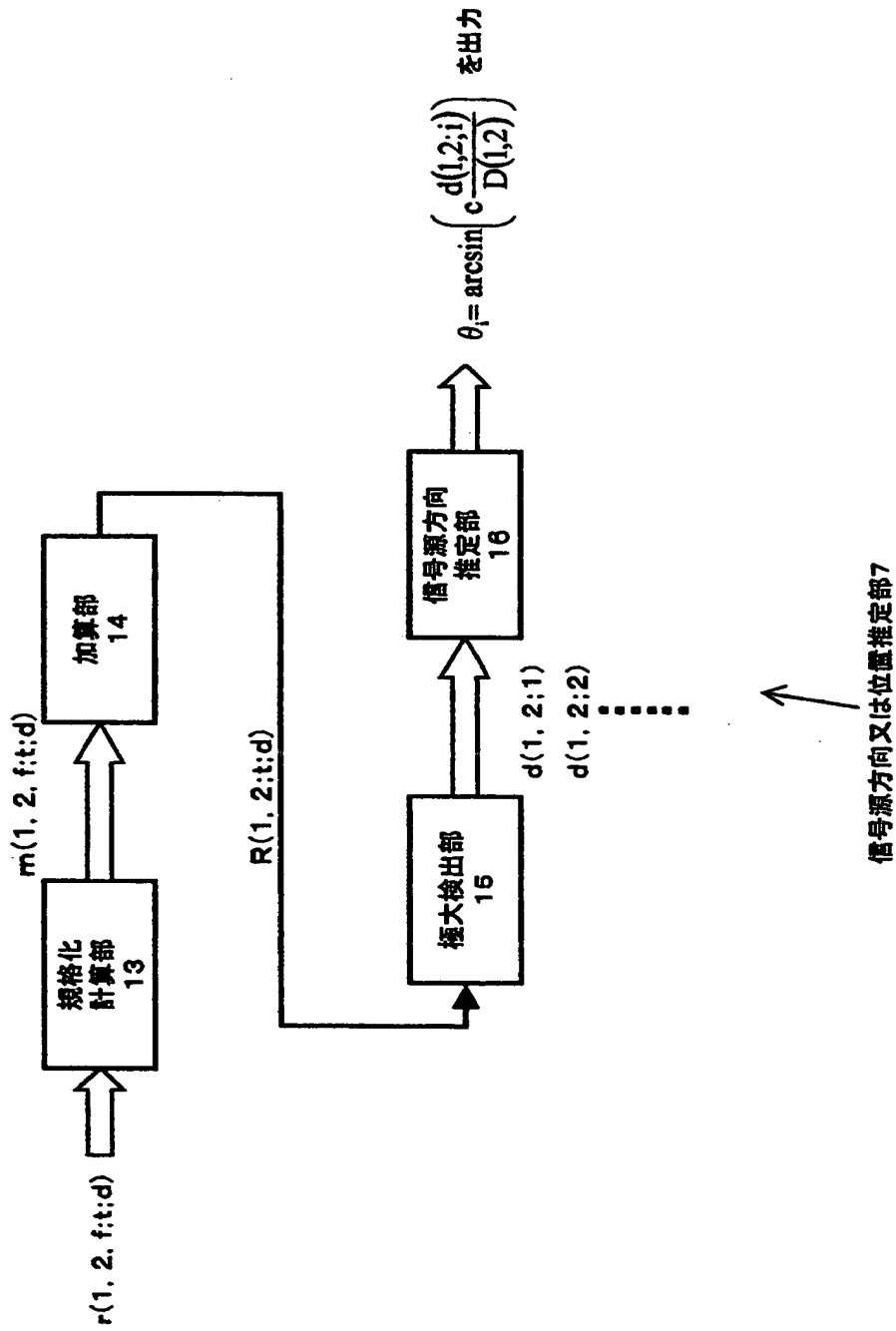
【図 2】



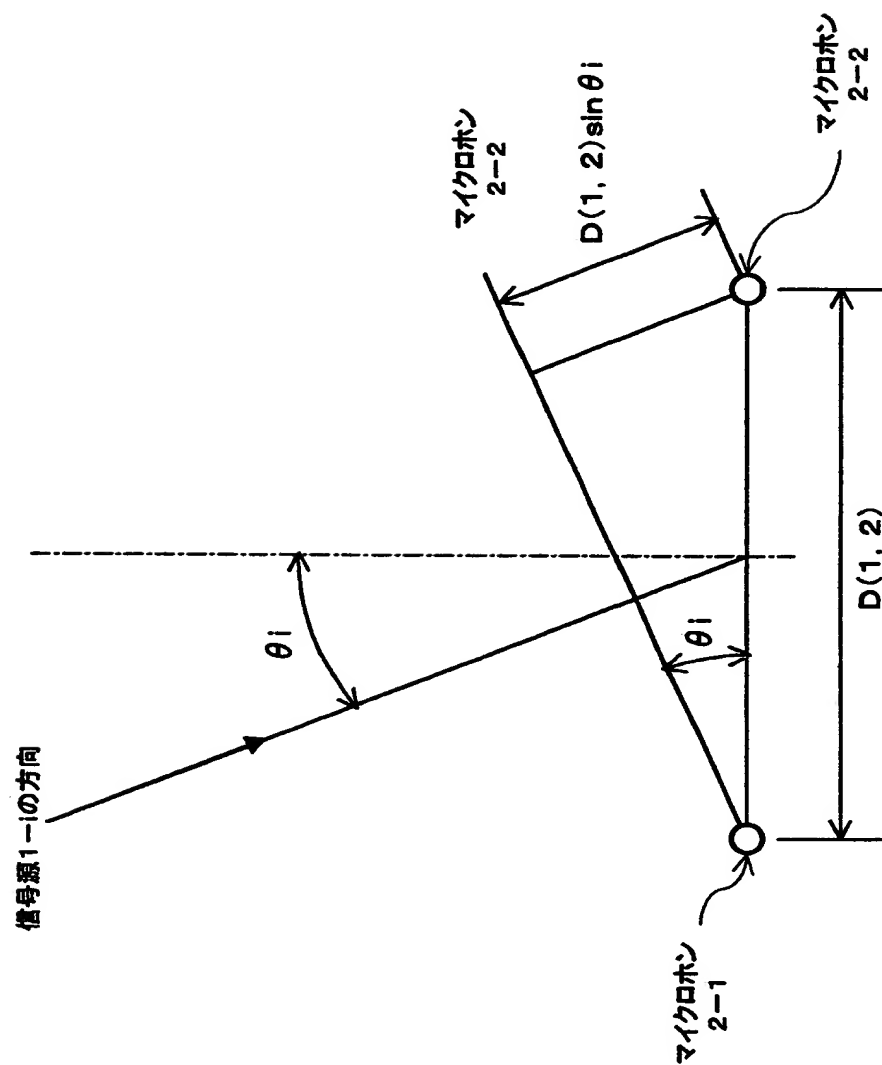
【図 3】



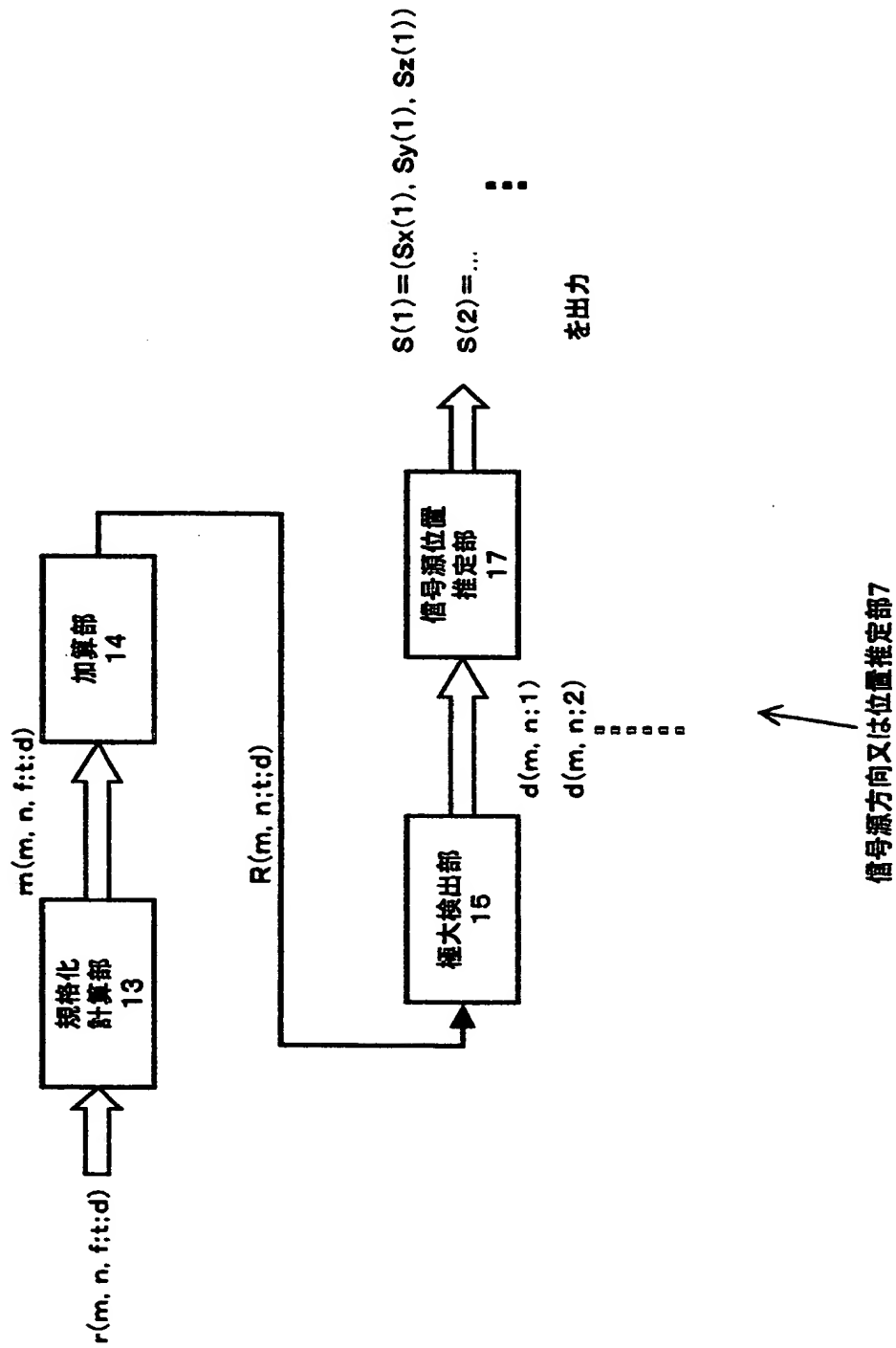
【図 4】



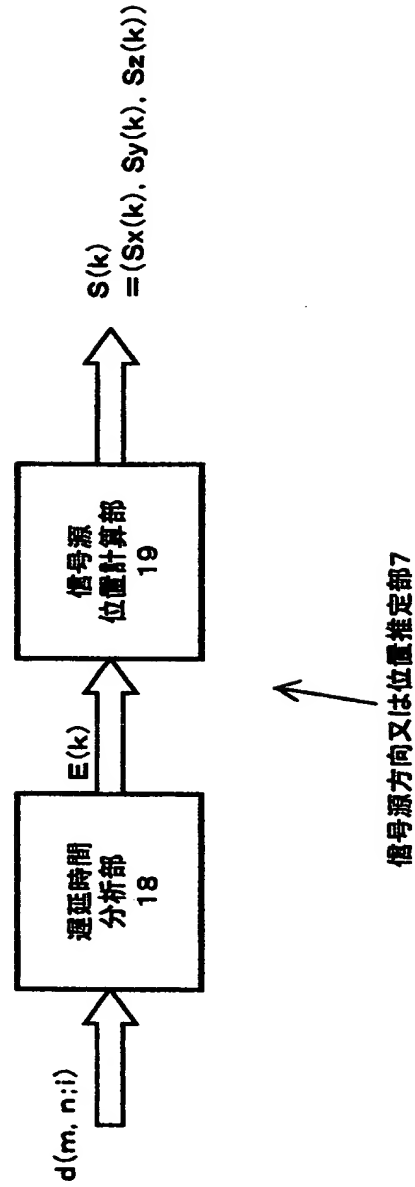
【図 5】



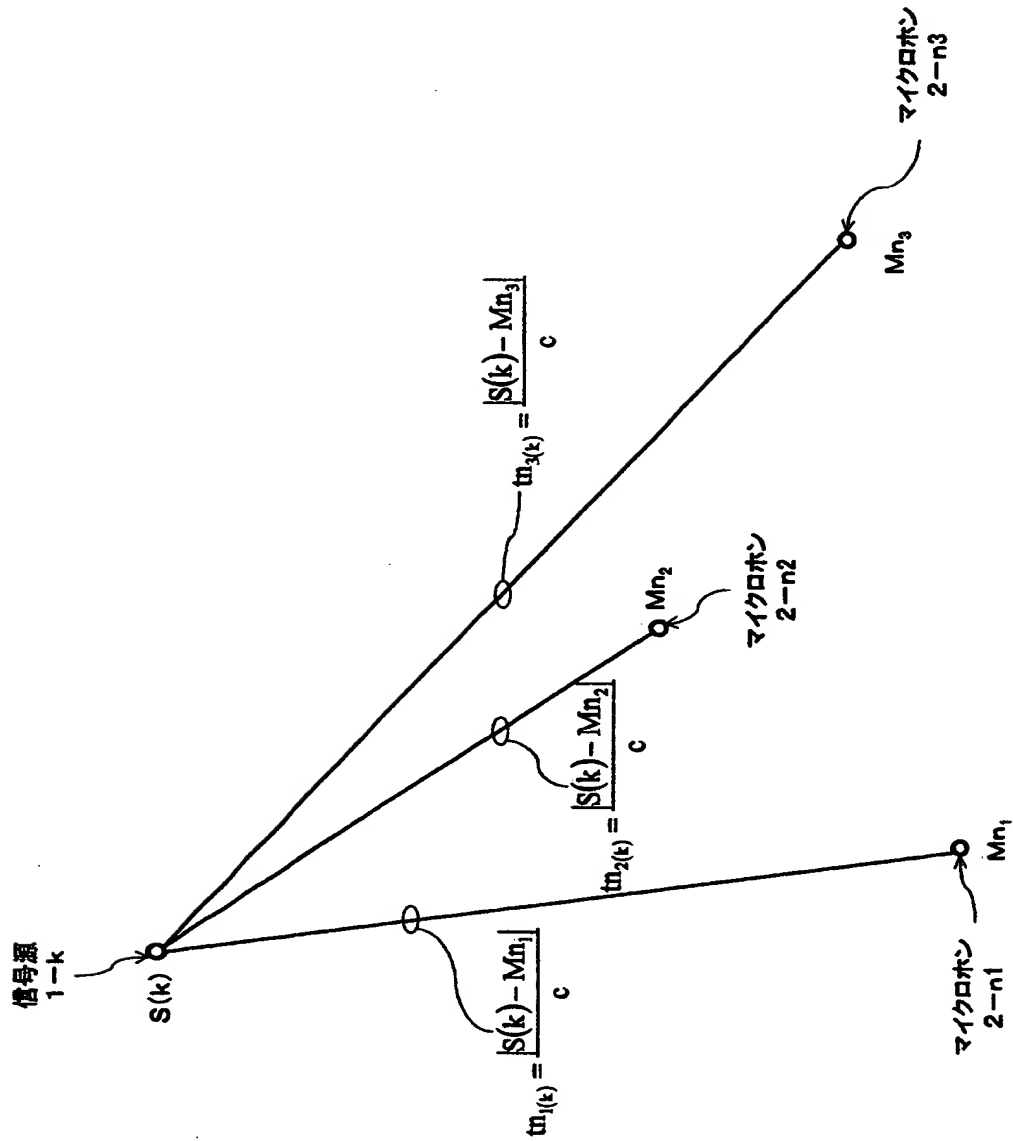
【図 6】



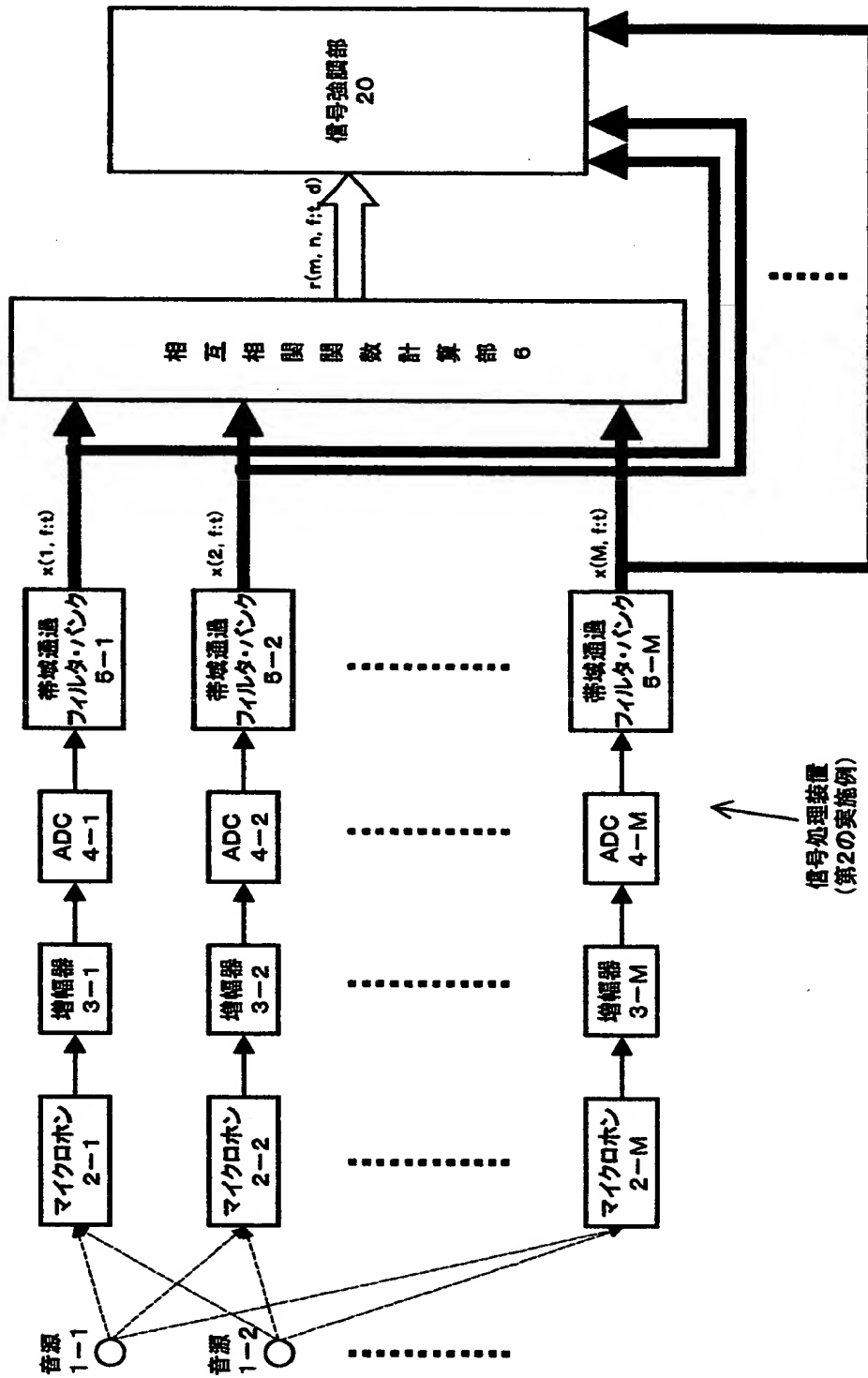
【図 7】



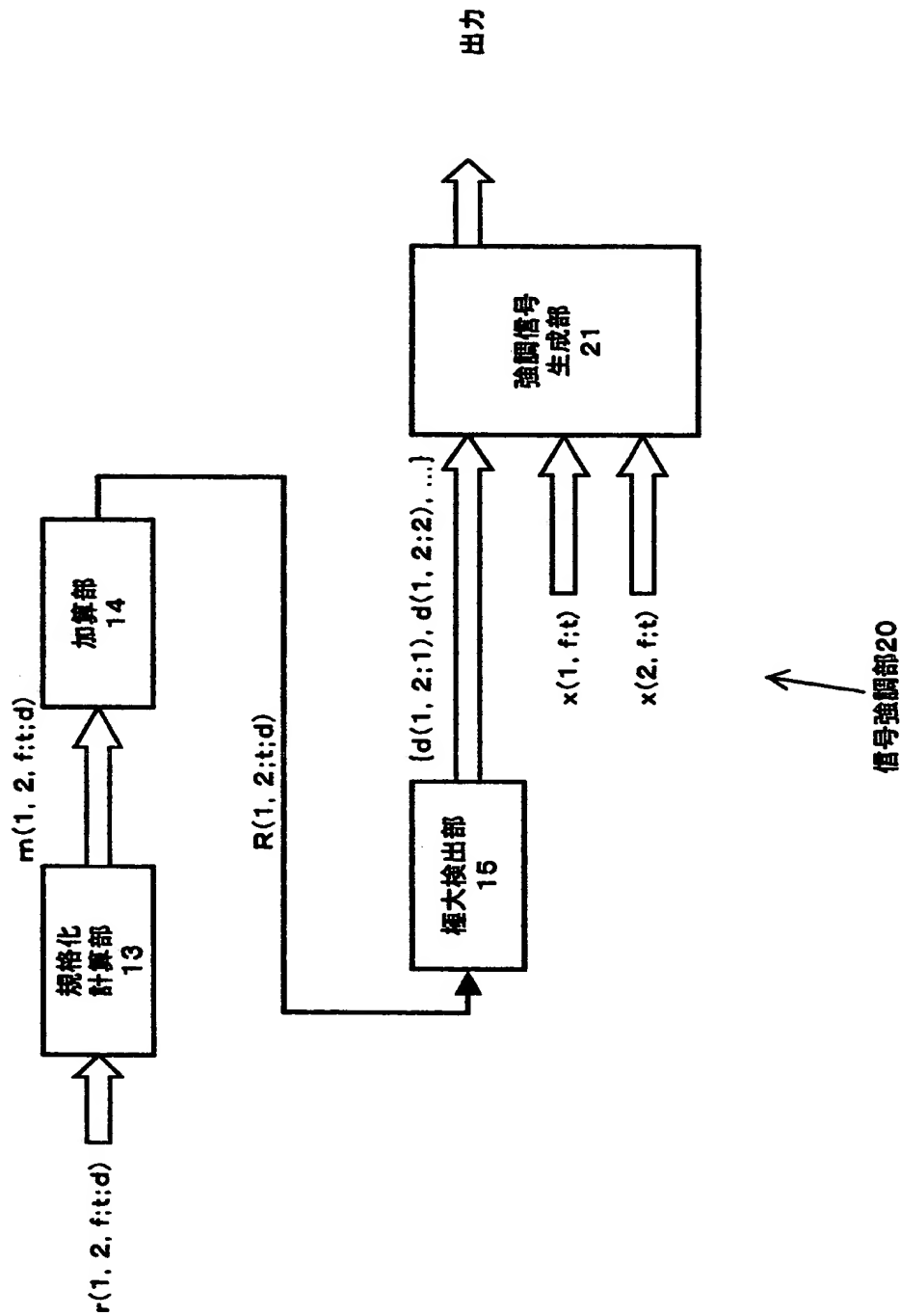
【図 8】



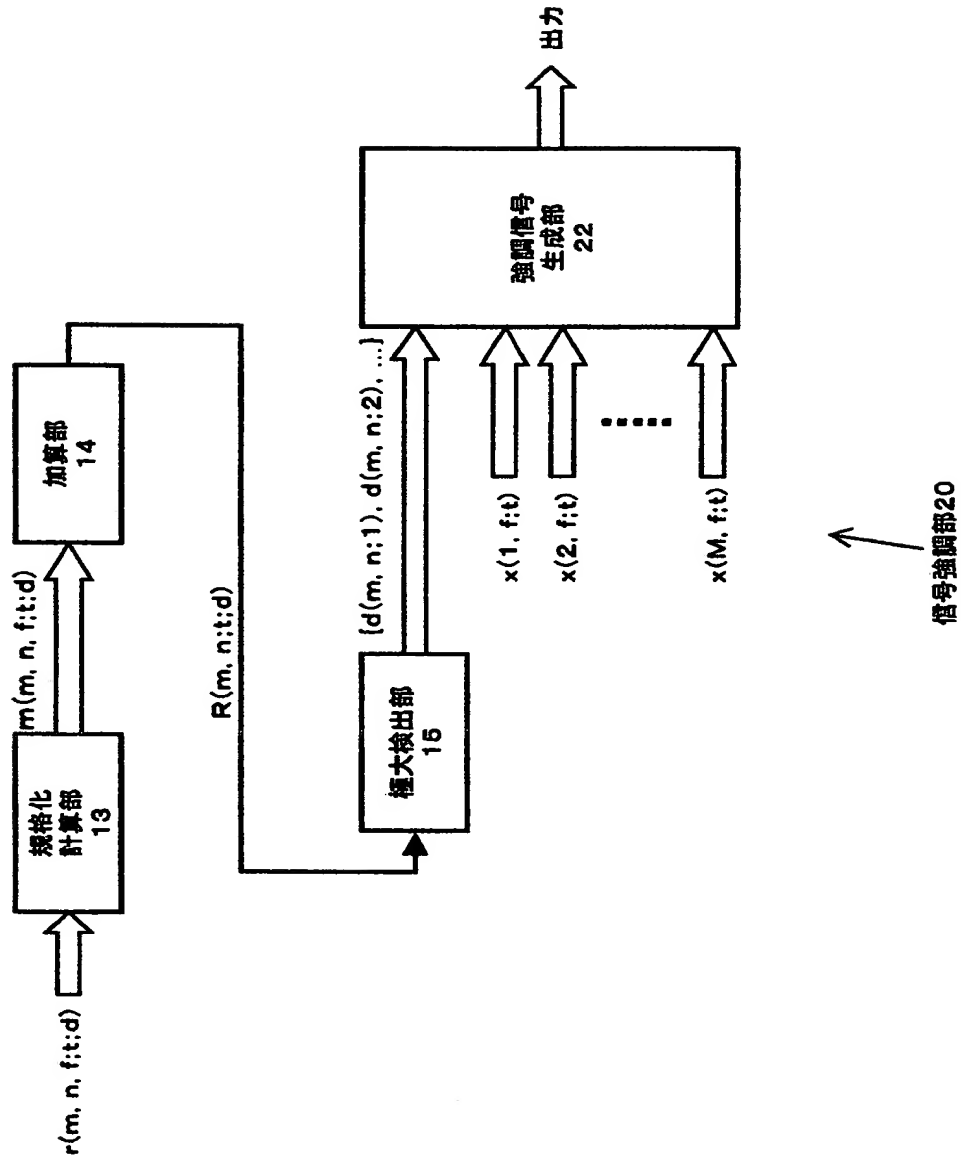
【図9】



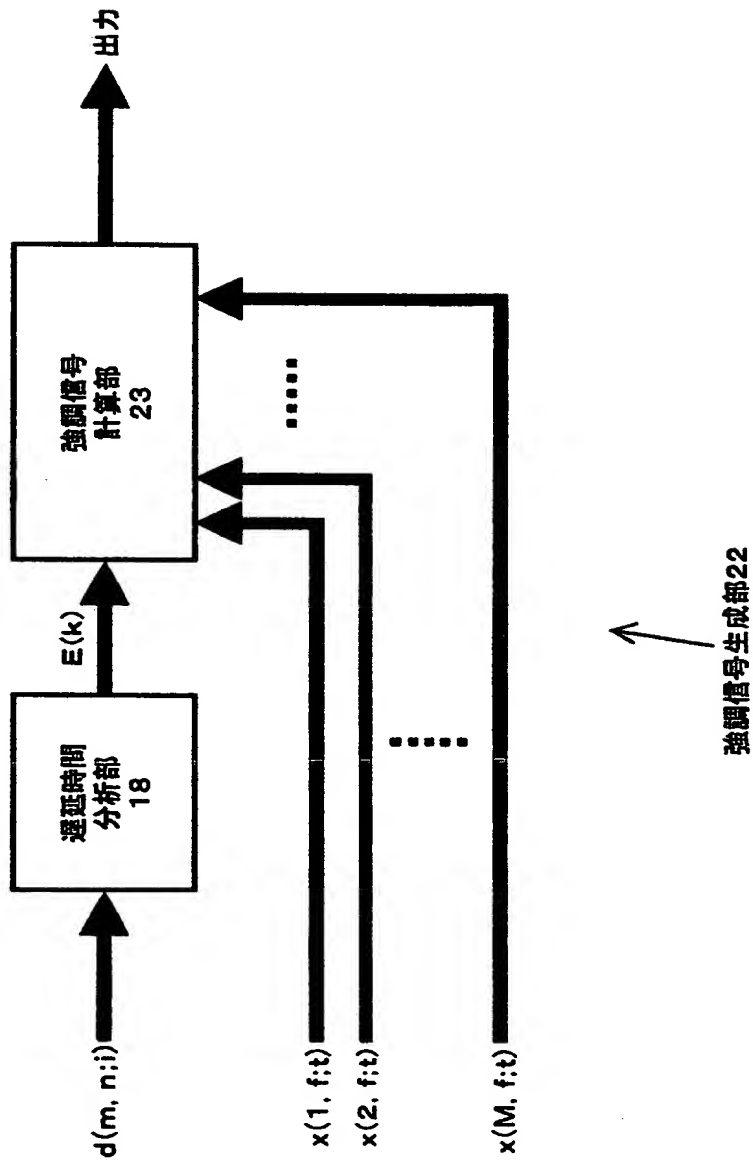
【図 10】



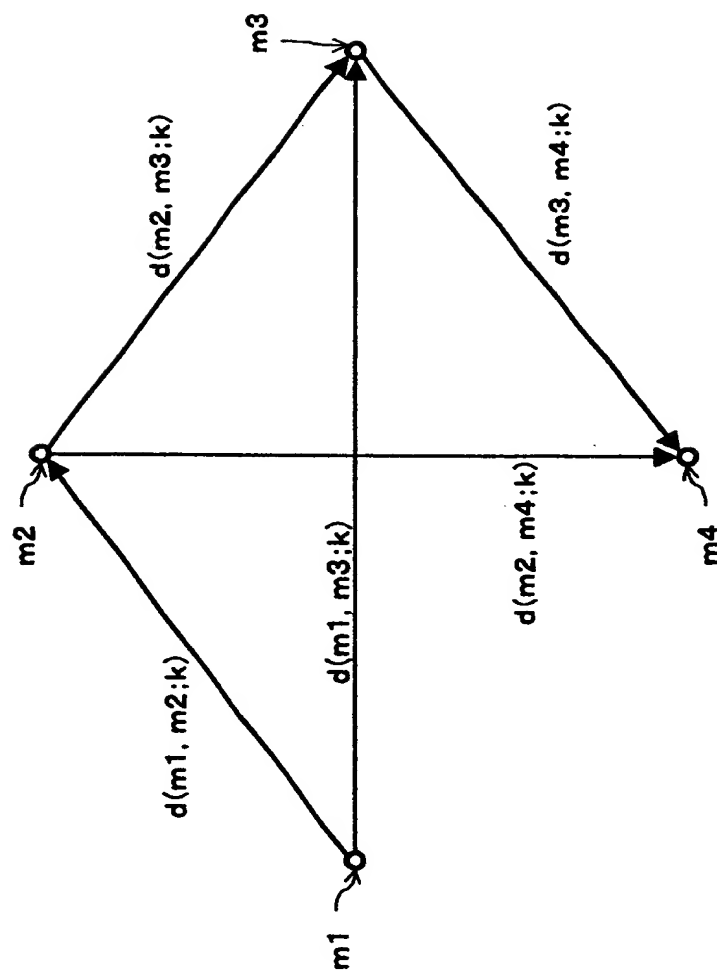
【図 11】



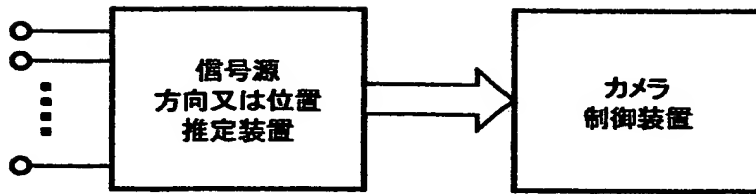
【図 12】



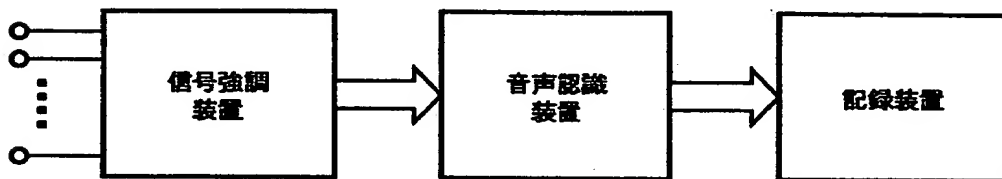
【図 13】



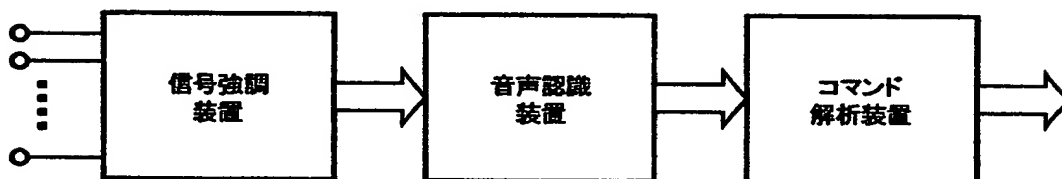
【図 1 4】



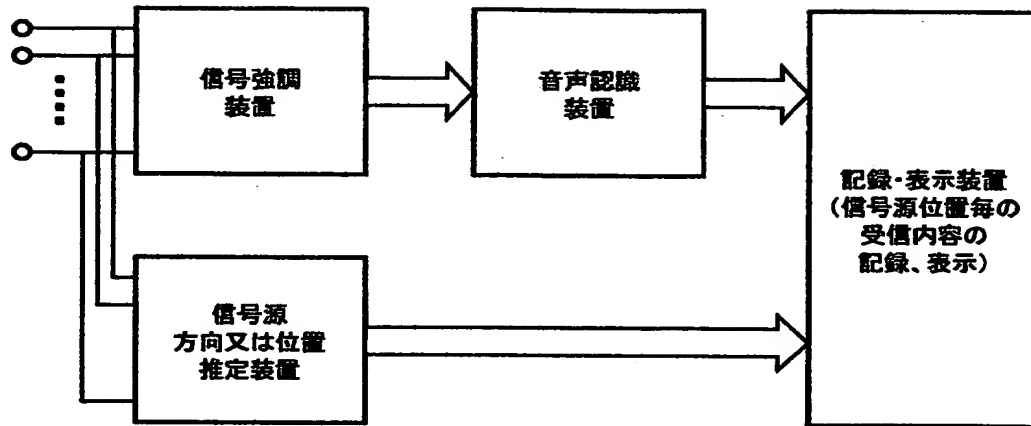
【図 1 5】



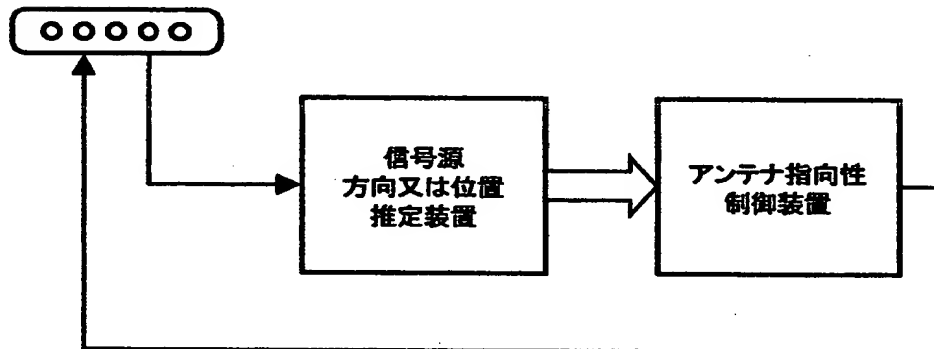
【図 1 6】



【図 17】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 音源などの信号源が存在する方向や位置を推定する。

【解決手段】 1つあるいは複数の信号源からの信号を、複数の受信装置で受信して、各受信信号をそれぞれ帯域通過フィルタにより周波数帯域別の信号に分解する。受信装置の組合せに対して、周波数帯域別信号間の相互相関関数を相当する周波数帯域ごとに計算する。方向性のない雑音のパワーがある一部の周波数帯域において大きい場合、その周波数帯域における相互相関関数は極大値を示さないで、信号源の方向又は位置によって定まる各受信装置ごとの遅延時間を推定する際に、この雑音の影響を効果的に抑制することができる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名 ソニー株式会社